

С.А. Курносов, канд. техн. наук,
И.Н. Слащев, канд. техн. наук,
В.Н. Сапегин, мл. научн. сотр.
(ИГТМ НАН Украины),
П.Е. Филимонов, канд. техн. наук
(шахта им. А.Ф. Засядько)

ДЕГАЗАЦИЯ МАССИВА С ПОВТОРНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОСБОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Представлено нову схему дегазації газонасиченого масиву, яка передбачає проведення газозбірної виробки в покрівлі суміжного виїмкового стовпа і повторно використовується для дегазації при відпрацьовуванні наступного виїмкового стовпа.

THE DEGASIFICATION OF THE ROCK MASS WITH REUSE GAS-COLLECTING MINE WORKING

The new scheme of degasification of the rock mass, which provides driving gas-collecting mine working in a roofing of an adjacent panel and repeatedly used for degasification at working of a following panel, is presented.

Применение на шахтах Украины высокопроизводительной выемочной техники позволяет осуществлять добычу угля с нагрузками на очистные забои от 1,0 до 5,0 тыс. т/сут. При таких темпах отработки угольных пластов метановыделение на выемочных участках достигает 30-100 м³/мин. Возможности существующих систем вентиляции разбавлять такое количество метана до безопасного содержания практически исчерпаны. Газовая безопасность выработок в этих условиях может быть обеспечена только за счет каптажа большей части выделяющегося метана и удаления его из шахты средствами дегазации.

Высокие темпы подвигания очистных забоев обеспечиваются только при столбовых системах разработки, когда выемка угля не сдерживается подготовительными работами. При этом выработки за очистными забоями погашают и дегазационные скважины в таких условиях можно бурить только впереди забоя лавы навстречу ее движению. Опыт показывает, что такие скважины позволяют каптировать не более 30 % метана, выделяющегося из пластов-спутников и газоносных пород. Для достижения большего эффекта дегазации массива необходимо создать условия, позволяющие сохранять скважины в работоспособном состоянии на протяжении всего времени отработки выемочного столба. Такие условия создает проведение дополнительной (газосборной) выработки, предназначенной для бурения дегазационных скважин, размещения оборудования и газоотводящего трубопровода.

Особенностями схем дегазации с применением газосборной выработки (ГСВ), выгодно отличающимися их от ранее разработанных и применяемых на шахтах отрасли, являются: возможность размещать ГСВ вне зон активного влияния стационарного и временного опорного давлений и в направлении минимального действия главных компонент поля напряжений для повышения их устойчивости; эффективно использовать схемы дегазации при любых системах

разработки; разделять в пространстве и во времени процессы дегазации массива и добычи угля; решать проблемы забора метана из разрабатываемого пласта, вмещающих пород, пластов-спутников и выработанного пространства, как впереди лавы, так и за ней; направлять дегазационные скважины в различные места скопления метана и применять средства интенсификации газоотдачи, не создавая помех процессу добычи угля.

При проектировании дегазационной системы решается задача оптимизации места положения ГСВ, которая заключается в выборе удачного сочетания ее необходимой устойчивости на все время отработки выемочного столба с выбором рациональных направлений бурения дегазационных скважин на источники газа с точки зрения их максимальной производительности, устойчивости и продолжительности работы.

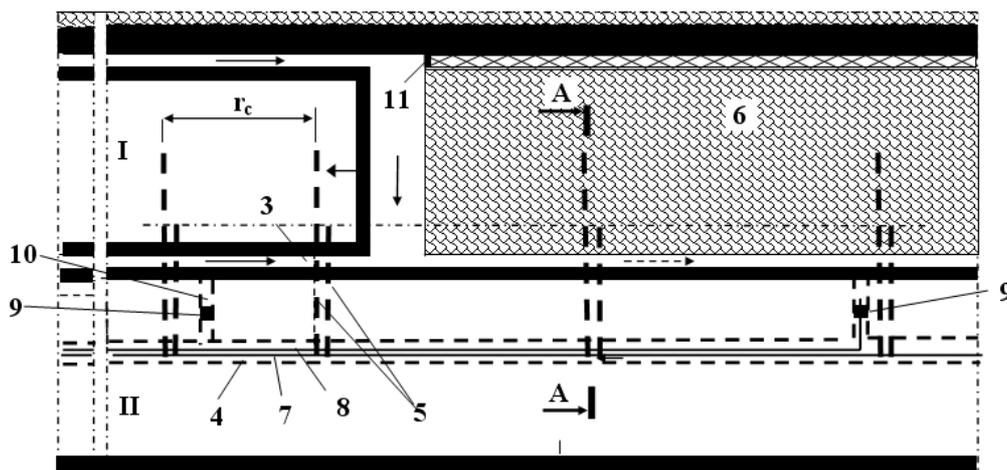
В ИГТМ НАН Украины разработаны схемы дегазации с размещением полевой газосборной выработки в кровле или почве ранее отработанного массива смежной лавы. Основными преимуществами данных схем являются высокая устойчивость выработок, расположенных в разгруженной зоне и слабо подверженных влиянию стационарного и временного опорного давления и возможность забора метана из зон перегиба и зависания разгруженных вмещающих пород на сопряжении ранее отработанного и отрабатываемого выемочных столбов [1-3].

Схема дегазации с размещением ГСВ в кровле ранее отработанного массива смежной лавы апробирована на шахтах им. А.Ф. Засядько и «Краснолиманская» [1, 2]. Анализ проведенных исследований показал, что наиболее рациональным направлением бурения дегазационных скважин является их ориентация вдоль оси газосборных выработок навстречу забою лавы с отклонением от оси в сторону отработанной лавы. Метан в скважины поступает, в основном, из области разгруженного массива, расположенного на границе между выработанным пространством двух смежных лав. Дебит метана из скважин, расположенных вне зоны влияния лавы (более 700 м до лавы), не превышает 1-2 м³/мин и постепенно увеличивается при приближении очистных работ. Однако, когда скважины попадают в зону опорного давления лавы (40-250 м), дебит метана снижается, а затем резко увеличивается после пересечения лавой местоположения забоев скважин (от 1 до 10 м³/мин.), при этом, концентрация метана в газоздушной смеси достигает 70 % и более. Установлен период изменения концентрации и дебита метана в зависимости от шага посадки основной кровли, который колеблется в пределах 50-100 м. Основным источником метана являются газоносные песчаники и пласты-спутники в купольных структурах над лавой, поскольку они легко отдают свободный и десорбированный газ в зонах разгрузки.

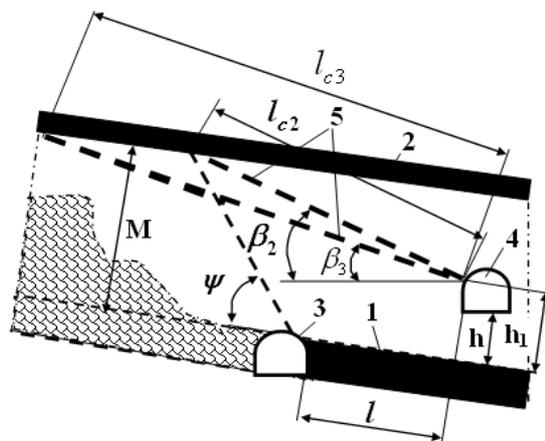
Основным сдерживающим фактором на пути применения ГСВ при дегазации массива горных пород является ее высокая стоимость. Например, стоимость проведения и крепления одного погонного метра подготовительной выработки сечением 13,8 м² в сложных горно-геологических условиях ш. им. А.Ф. Засядько составляет порядка 12 тыс. грн.

Нами разработана схема дегазации с размещением ГСВ в кровле пласта будущего выемочного столба, позволяющая использовать дегазационную выработку при отработке двух смежных столбов, т. е. в два этапа.

На первом этапе работы схема предназначена для предварительной и текущей дегазации газоносных пород и пластов-спутников, расположенных в кровле отработываемого пласта, а так же дегазации выработанного пространства разрабатываемого столба (рис. 1).



А-А

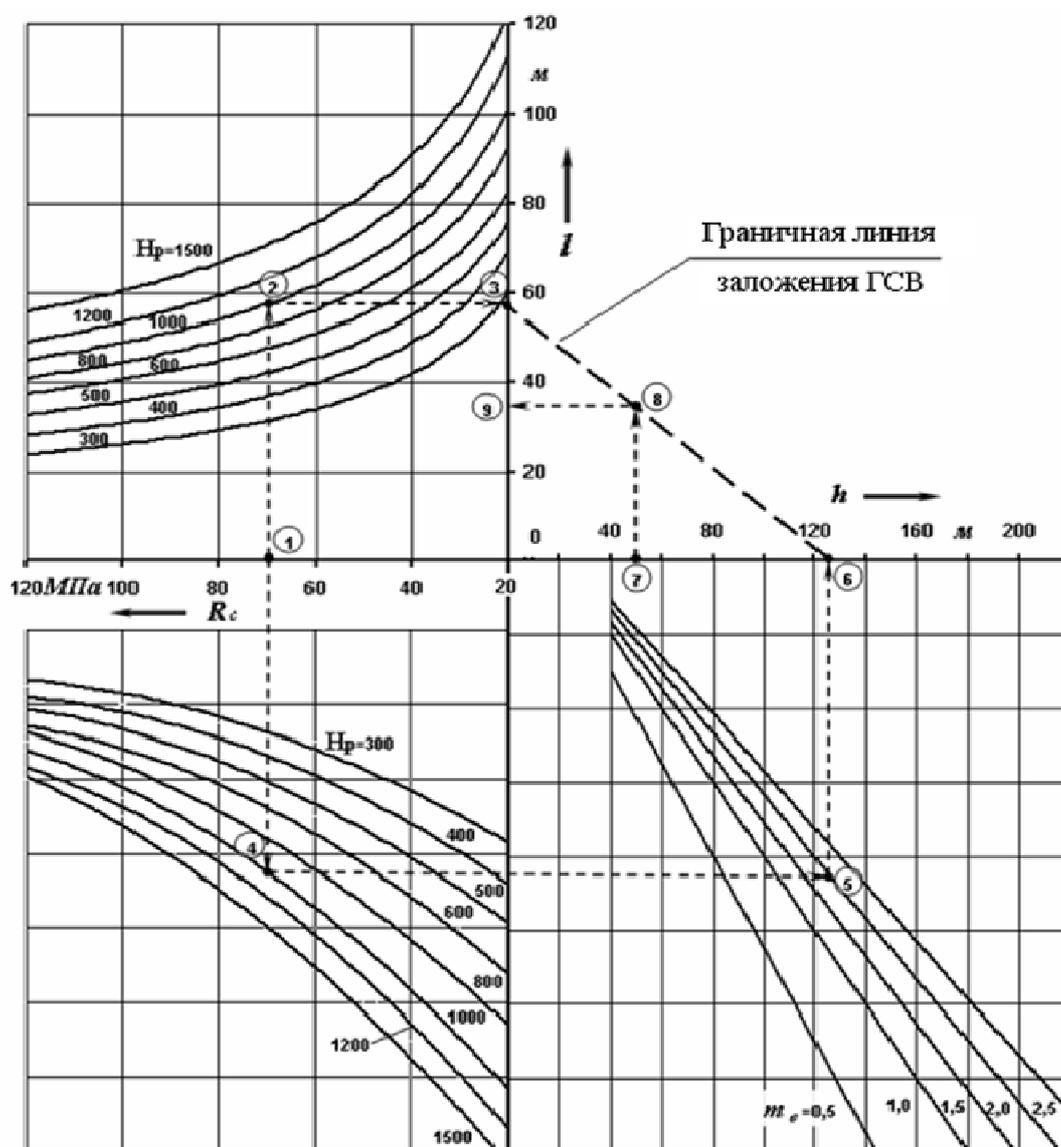


1 – разрабатываемый пласт; 2 – подрабатываемый пласт; 3 – вентиляционный штрек; 4 – ГСВ; 5 – дегазационная скважина; 6 – отработанное пространство; 7 – газопровод; 8 – газоотводный трубопровод; 9 – изолирующая перемычка; 10 – вентиляционная сбойка; 11 – переносная перемычка; I – разрабатываемый столб; II – будущий выемочный столб; β_2, β_3 – углы наклона скважин при текущей дегазации, град.; l_{c2}, l_{c3} – длина скважин при текущей дегазации, м; r_c – расстояние между устьями скважин, м; M – минимальное расстояние от кровли отработываемого пласта до газоносного источника, на который бурят скважину, м; h – расстояние по нормали от дегазационной выработки до отработываемого пласта, м; h_1 – расстояние по нормали от места начала бурения скважины до кровли отработываемого пласта, м; ψ – угол разгрузки пород от горного давления, град.

Рисунок 1 – Схема дегазации на 1-ом этапе работы ГСВ

ГСВ закладывается в кровле нетронутого массива будущего смежного столба за зоной влияния стационарного и временного опорных давлений от очистных работ в разрабатываемом столбе и соединяется сбойками с конвейерным штреком лавы. При этом дегазационная выработка проводится на всю длину намеченного к отработке столба до начала ведения в нем очистных работ. В ГСВ прокладывается газопровод, который сообщается с дегазационной системой шахты. Схема проветривания разрабатываемого участка должна быть нисходящей с поточным подсвежением.

Параметры заложения выработки: высота h – расстояние от ГСВ до кровли пласта и l – расстояние от ГСВ до конвейерного штрека определяются согласно номограмме, приведенной на рис. 2.



H_p – глубина разработки угольного пласта; m_b – вынимаемая мощность пласта;
 R_c – расчетное сопротивление пород сжатию; h – расстояние от ГСВ до кровли пласта;
 l – расстояние от ГСВ до конвейерного штрека

Рисунок 2 – Номограмма расчета параметров заложения ГСВ

Расчетное сопротивление пород сжатию R_c определяется по формуле:

$$R_c = R k_c, \quad (1)$$

где R – предел прочности на одноосное сжатие;

k_c – коэффициент нарушенности массива пород.

Коэффициентом k_c [4] учитывается дополнительная нарушенность массива пород поверхностями с малой связностью (зеркала скольжения, трещины, глинистые прослои и т. п.), тектоническая нарушенность, естественная влажность, степень пластичности, обводненность.

Параметры скважин рассчитываются таким образом, чтобы они пересекали прослойки газонасыщенных пород на границе разгрузки. Углы разгрузки подработанной толщи пород ψ определяются согласно табл. 1.

Таблица 1 – Углы разгрузки подработанной толщи пород

Состав пород междупластья на расстоянии до 8 m_b от кровли разрабатываемого пласта	Доля пород в междупластье, %	Угол разгрузки ψ , град.
Песчаники, известняки, алевролиты	до 40	50-55
То же	от 40 до 80	55-65
»	свыше 80	65-70
Аргиллиты	до 50	70-80
То же	от 50 до 80	65-70
»	свыше 80	60-65

Дегазация осуществляется восходящими скважинами, пробуренными параллельно забою лавы в зоны разгрузки и зависания пород кровли впереди и позади забоя лавы. Допускается бурение куста скважин с одной установки бурового станка с расстоянием между кустами 20-40 м. Параметры проведения дегазационных скважин рассчитываются согласно формулам, приведенным в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры дегазационных скважин на 1-ом этапе работы ГСВ

Направление бурения скважин	Параметры скважин	Расчетные формулы
Без разворота от линии падения (подъема) пласта	Углы наклона к горизонту β_2, β_3 , град.	$tg(\beta_2 - \alpha) = \frac{M - h_1}{l + M \cdot ctg \psi}$; $tg(\beta_3 - \alpha) = \frac{2(M - h_1)}{l_{оч} + 2l}$
	Длина l_{c2}, l_{c3} , м	$l_{c2} = \frac{M - h_1}{\sin(\beta_2 - \alpha)}$; $l_{c3} = \frac{M - h_1}{\sin(\beta_3 - \alpha)}$

α – угол залегания пласта, град.

$l_{оч}$ – длина очистного забоя, м.

Основным недостатком данной схемы является большая длина дегазационных скважин (порядка 300 м) при дегазации разгруженных вмещающих пород на сопряжении ранее отработанного и отработываемого выемочных столбов. С экономической точки зрения данный недостаток вполне компенсируется воз-

возможностью повторного использования ГСВ при отработке следующего выемочного столба (второй этап работы ГСВ).

На втором этапе ГСВ оказывается расположенной в кровле отрабатываемого пласта и дегазация осуществляется по схеме, приведенной на рис. 3. Для повышения эффективности схемы на втором этапе ее работы рекомендуется изначально высоту h (см. рис. 2) принимать не менее 6-8 вынимаемых мощностей пласта, размещая ГСВ выше зоны беспорядочного обрушения непосредственной кровли отрабатываемого пласта с учетом рационального направления восходящих скважин на газосодержащие источники, расположенные в зонах разгрузки кровли отрабатываемого пласта.

Первичный забор метана (опережающая дегазация) осуществляется скважинами, пробуренными до начала ведения очистных работ в зоны разгрузки (перегиба и зависания) пород кровли на сопряжении отработанного и отрабатываемого выемочных столбов (рис. 3 скважины c_1). При опережающей дегазации газосодержащих источников с применением технологий гидродинамического воздействия, эффективных для условий расположения полевой выработки под газоносным пластом, скважины бурят восходящими в направлении, близком вкрест простирания пласта.

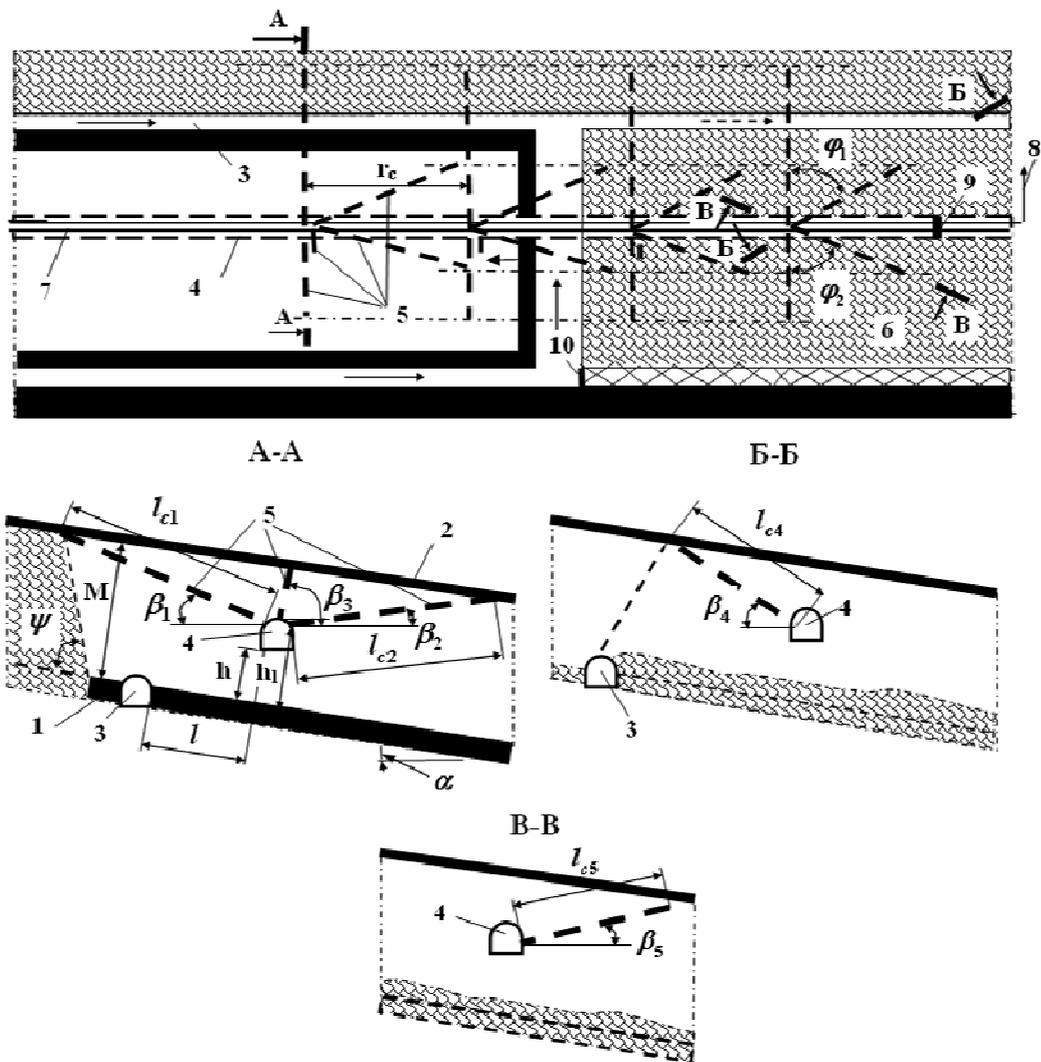
При текущей дегазации газоносных пород кровли отрабатываемого пласта дегазационные скважины бурят до подхода лавы восходящими навстречу очистному забою (скважины c_2 и c_3), а также параллельно забою лавы в сторону ранее отработанного столба (скважины c_4) и в сторону смежного будущего выемочного столба (скважины c_5).

Расчет параметров скважин для опережающей и текущей дегазации осуществляется по формулам, приведенным в табл. 3.

После отхода лавы на величину, превышающую длину зоны активных сдвижений подработанного массива, ГСВ используется как каптажная выработка. За зоной активных сдвижений устанавливают изолирующую перемышку с газоотводящим трубопроводом. При загазировании ГСВ в результате подработки, ее подработанная часть отделяется от неподработанной изолирующей перемышкой с подключением к газоотводящему трубопроводу.

Поскольку ГСВ находится в сложных условиях поддержания, для обеспечения ее устойчивости во время отработки угольного пласта предусматриваются дополнительные меры по усилению арочной податливой крепи анкерами.

В результате проведенных экспериментальных исследований и аналитических расчетов определены рациональные параметры заложения полевой газо-сборной выработки, которые учитывают влияние очистных работ на геомеханическое состояние горного массива, тип и прочность вмещающих пород и процессы сдвижения в смежном отработанном пространстве, а также



1 – разрабатываемый пласт; 2 – подрабатываемый пласт; 3 – вентиляционный штрек; 4 – ГСВ; 5 – дегазационная скважина; 6 – отработанное пространство; 7 – газопровод; 8 – газотводный трубопровод; 9 – изолирующая перемычка; 10 – переносная перемычка; φ_1, φ_2 – углы разворота скважин от линии падения пласта, град.; β_1 – угол наклона скважины при предварительной дегазации, град.; $\beta_2, \beta_3, \beta_4$ – углы наклона скважин при текущей дегазации, град.; l_{c1} – длина скважины при предварительной дегазации, м; l_{c2}, l_{c3}, l_{c4} – длина скважин при текущей дегазации, м; r_c – расстояние между устьями скважин, м; M – минимальное расстояние от кровли отрабатываемого пласта до газоносного источника, на который бурят скважину, м; α – угол залегания пласта, град.; h – расстояние по нормали от дегазационной выработки до отрабатываемого пласта, м; h_1 – расстояние по нормали от места начала бурения скважины до кровли отрабатываемого пласта, м; ψ – угол разгрузки пород от горного давления, град.

Рис. 3 – Схема дегазации на 2-ом этапе работы ГСВ

пространственную ориентацию выработки относительно направления действия главных напряжений. Установлены параметры дегазационных скважин, которые включают: направление, рациональную длину, диаметр, углы наклона и разворота.

Таблица 3 – Параметры дегазационных скважин на 2-ом этапе работы ГСВ

Направление бурения скважин	Параметры скважин	Расчетные формулы
Без разворота от линии падения (подъема) пласта	Углы наклона к горизонту $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, град.	$\operatorname{tg}(\beta_1 \pm \alpha) = \frac{M - h_1}{l + M \cdot \operatorname{ctg} \psi};$ $\operatorname{tg}(\beta_2 \pm \alpha) = \frac{M - h_1}{l - M \cdot \operatorname{ctg} \psi}; \quad \beta_3 = 90^\circ - \alpha$
	Длина l_{c1}, l_{c2}, l_{c3} , м	$l_{c1} = \frac{M - h_1}{\sin(\beta_1 \pm \alpha)}; \quad l_{c2} = \frac{M - h_1}{\sin(\beta_2 \pm \alpha)}; \quad l_{c3} = \frac{M - h_1}{\sin(\beta_3 \pm \alpha)}$
С разворотом от линии падения (подъема) пласта	Углы разворота φ_1, φ_2 , град.	$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{a}{\frac{l + M \cdot \operatorname{ctg} \psi}{\cos \alpha} - [M - h + (l + M \cdot \operatorname{ctg} \psi) \cdot \operatorname{tg} \alpha] \cdot \sin \alpha};$ $\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{a}{\frac{l + M \cdot \operatorname{ctg} \psi}{\cos \alpha} - [l - M \cdot \operatorname{ctg} \psi + (l + M \cdot \operatorname{ctg} \psi) \cdot \operatorname{tg} \alpha] \cdot \sin \alpha}$
	Углы наклона к горизонту β_4, β_5 , град.	$\operatorname{tg} \beta_4 = \frac{[M - h + (l + M \cdot \operatorname{ctg} \psi) \cdot \operatorname{tg} \alpha] \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi_1}{a};$ $\operatorname{tg} \beta_5 = \frac{[M - h + (l - M \cdot \operatorname{ctg} \psi) \cdot \operatorname{tg} \alpha] \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi_2}{a}$
	Длина l_{c4}, l_{c5} , м	$l_{c4} = \frac{a}{\sin \varphi_1 \cdot \cos \beta_4}; \quad l_{c5} = \frac{a}{\sin \varphi_2 \cdot \cos \beta_5}$

Примечание. В формулах знак плюс принимается при бурении скважин в сторону падения пласта, а минус – в сторону подъема.

Представленная схема дегазации газонасыщенного массива горных пород имеет ряд существенных достоинств:

- разделение в пространстве и во времени процессов добычи угля и дегазации массива;
- возможность использования газосборной выработки для предварительной и текущей дегазации газоносных пород и пластов-спутников в кровле двух выемочных столбов;
- дегазация выработанного пространства рабочего пласта двух выемочных столбов;
- отсутствие влияния зон временного и стационарного опорного давления при отработке 1-го выемочного столба;
- дегазация выработанного пространства 1-го выемочного столба при отработке

ботке 2-го выемочного столба.

Внедрение разработанной схемы дегазации на газообильных шахтах Украины позволит повысить безопасность горных работ и увеличить темпы продвижения очистного забоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат, А.Ф. Концепция комплексной дегазации углепородного массива на шахте им. А.Ф. Засядько // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотех. мех. НАН Украины. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 42. – С. 3-9.
2. Булат, А.Ф. Концептуальные особенности дегазации при отработке угольных пластов высоконагруженными лавами на больших глубинах / А.Ф. Булат, А.Т. Курносов, С.А. Курносов и др. // Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: Матер. XV Межд. науч. школы. – Симферополь: Таврич. Нац. Ун-т. – 2005. – С. 34-37.
3. Курносов, С.А. Дегазация газонасыщенного углепородного массива при столбовой системе разработки пологих угольных пластов // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотех. мех. НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. 74. – С. 215-222.
4. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Л.: ВНИМИ, 1986. – 126 с.