

КОСТЕНКО В.К., БОКИЙ А.Б. (Донецкий национальный технический университет)

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ УГЛЕГАЗОНОСНОГО МАССИВА

На основі встановленого механізму виділення метану з углегазоносного масиву, пропонується уточнити параметри силової дії на гірські породи, що дегазуються, і ін'єкції в тріщини, що утворилися, дисперсного наповнювача.

На основе установленного механизма выделения метана из углегазоносного массива, предлагается уточнить параметры силового воздействия на дегазируемые горные породы и инъецирования в образовавшиеся трещины дисперсного наполнителя.

On the basis of the set mechanism of selection of methane from an uglegazonosnogo array, it is suggested to specify the parameters of the power affecting the decontaminated mountain breeds and injection in the appearing cracks of dispersible napolnitelya.

В настоящее время на угольных шахтах Украины основная часть выделяющегося из горного массива метана поступает на поверхность в составе выдаваемых из шахты: вентиляционной струи, горной массы, откачиваемой воды, а также выделяющегося в течение продолжительного периода почвенного газа [1]. Находящийся в окрестностях очистной выработки газ принято условно разделять на «быстрый» и «медленный». «Быстрый» находится в макротрещинах и открытых макропорах в свободном состоянии и может мигрировать по ним, его динамика может быть описана законом Бернулли. «Медленный» - сосредоточен в закрытых порах, растворен в угле и т.п., его движение обусловлено законами фильтрации, эффузии и диффузии. Соотношение быстрой и медленной составляющих газового баланса в массиве не постоянно, это обусловлено тем, что при изменении напряженно-деформированного состояния горных пород под влиянием очистных работ происходит постепенный переход метана из связанного состояния в свободное, т.е. превращение из «медленного» в «быстрый».

Пригодным для каптажа и утилизации является «быстрый» метан, находящийся в зоне эффективного действия дегазационных скважин, однако при интенсификации очистных работ увеличивается доля «медленного» газа, сравнительно медленно фильтрующегося из разбитых на блоки горных пород и пластов. Увеличение доли «медленного» метана при интенсивной отработке запасов приводит к ухудшению газовой обстановки в выработанном пространстве и примыкающих к нему горных выработках. Для обеспечения безопасных условий труда в шахте и улучшения экологической обстановки на поверхности важной представляется задача увеличения доли каптированного «быстрого» газа наряду с интенсификацией горных работ. Снижение в недрах уровня остаточного метана позволит сократить выделение почвенного метана и также улучшить состояние природной среды. Таким образом, актуальной представляется задача по обеспечению наилучших условий для каптажа свободного метана, в частности, увеличения: эффективного радиуса действия дегазационных скважин и продолжительности их функционирования после перехода связанного метана в свободное состояние.

Довольно широкое распространение получил в отечественной практике способ дегазации углегазовых месторождений, который предусматривает бурение скважины к дегазируемому участку горного массива, герметизацию участка скважины в пределах дегазируемой части массива, циклическое силовое воздействие в герметизированном объеме [1]. Силовое воздействие производят путем повышения давления в герметизированной полости скважины нагнетанием жидкости или газа, взрывом или другим способом. При этом разрушают часть массива, стимулируя интенсивную газоотдачу из него. Величина прикладываемых в герметизированном объеме усилий зависит от прочности разрушаемых горных пород и величины напряженного состояния. Для разрушения находящихся в условиях всестороннего сжатия на глубоких горизонтах пород следует создавать больший уровень силового воздействия. Затем, при необходимости, откачивают из скважины воду и производят отсос метана.

Недостатком такой технологии, по нашему мнению, является сравнительно небольшой объем разрушения массива при силовом воздействии (малый радиус зоны эффективного действия дегазационной скважины). Это определяет малую продолжительность интенсивного отбора газа из скважины, так как газ быстро иссякает в ограниченном разрушенном объеме. Низкая продуктивность скважин определяет необходимость бурения дополнительных и ведет к существенному удорожанию получаемого газа. Кроме того, реализация такой технологии требует

значительных энергозатрат на разрушение массива, а также использования при этом мощного дорогостоящего силового оборудования, что также приводит к удорожанию газа.

Следующим этапом развития технологии можно считать способ дегазации газозольных месторождений, который предусматривает заблаговременное бурение скважины к дегазируемому участку горного массива, герметизацию продуктивного участка скважины в пределах дегазируемой части массива, выемку угольного пласта очистным забоем, отсос газа из скважины [2]. При этом ствол скважины располагают в разгружаемой от горного давления части горного массива, где улучшаются условия фильтрации газа по трещинам и порам после выемки пласта. Как правило, скважину проводят или в зоне полных сдвижений подработанных пород кровли по касательной к направлению разрушения породных слоев, или в неподверженной разрушению части горного массива вблизи границ зоны полных сдвижений. Однако, продолжительность продуктивной работы скважин невелика, так как фильтрационное истечение газа, начавшееся после образования в массиве трещин под влиянием очистных работ, резко снижается после удаления очистного забоя от скважины и смыкания стенок трещин. Кроме того, количество извлеченного из скважины газа существенно зависит от размера эффективного радиуса зоны влияния дегазационной скважины. Попытки усилить газоотдачу усилением вакуума в скважине приводят к подсосам воздуха из выработанного пространства и ухудшению состава каптируемой газовой смеси.

По мнению авторов, повысить количество извлекаемого из горного массива метана можно, используя геомеханические закономерности деформирования горного массива вблизи границ очистной выработки. Предложение базируется на том, что в результате измерения относительных деформаций пород непосредственной почвы разрабатываемого угольного пласта (рис.1) установлено несколько характерных областей, связанных с изменениями напряженно-деформированного состояния (НДС) массива. Они расположены в различных интервалах расстояний от очистного забоя: локальной разгрузки $L_{лр}$ - $L_{од}$; опорного давления – $L_{од}$ - $L_{р}$; разгрузки от горного давления - $L_{р}$ - $L_{мр}$; пригрузки оседающими породами кровли - $L_{мр}$ - $L_{пр}$ [3,4].

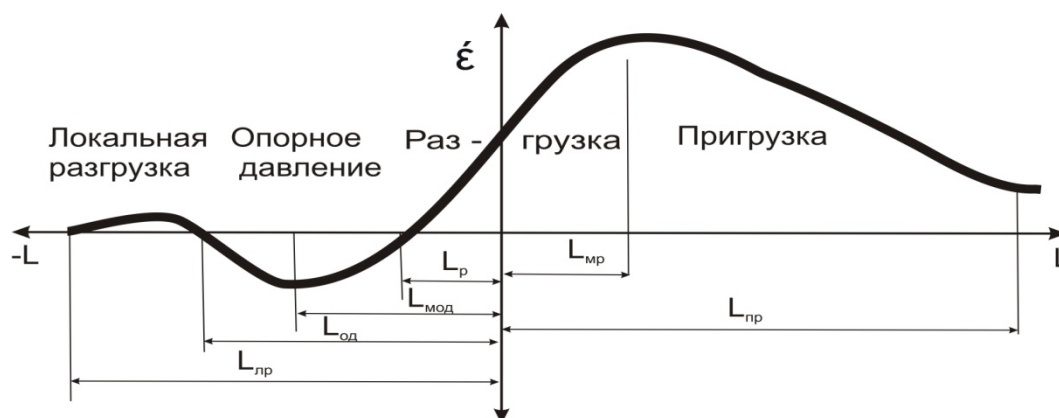


Рисунок 1 – Относительные деформации (ϵ) горных пород непосредственной почвы разрабатываемого угольного пласта впереди ($-L$) и позади (L) очистного забоя

Силовое воздействие на стенки скважины, например в режиме гидрорасчленения пласта-спутника, предлагается производить в области локальной разгрузки массива ($L_{лр}$ - $L_{од}$), то размер эффективного радиуса зоны влияния дегазационной скважины образующийся при этом будет существенно больше, чем при выполнении этой операции в скважине, находящейся в нетронutom массиве. Это объясняется пониженным уровнем действующих в этот период напряжений в породном массиве. Если силовое воздействие на стенки скважины выполнено в соответствии с предлагаемой технологией, то при одном и том же уровне силового воздействия на стенки скважины размер зоны разрушенных пород вокруг нее будет максимальным, что обеспечивает более продуктивную и продолжительную работу дегазационной скважины. Сформировавшаяся при силовом воздействии в области локальной разгрузки зона разрушенных пород вокруг скважины горных пород представляет в плане эллипс, большая ось которого совпадает с превалярующей в массиве системой кливажных трещин.

После перехода скважины в область опорного давления ($L_{од}-L_p$), под действием сложных (сжимающих, изгибающих и крутящих) деформаций и напряжений, трещиноватость, образованная в предыдущий период, развивается, как прорастанием трещин в перпендикулярном оси скважины направлении, так и увеличением числа трещин. Этот процесс аналогичен деформированию подготовительных выработок в области опорного давления. Искусственные трещины являются концентраторами напряжений и способствуют как дальнейшему дроблению пород, так и прорастанию новых трещин, еще более удаленных от скважины. Находящийся в газоносной толще в связанном состоянии метан (сорбированный или растворенный) интенсивно переходит в свободное состояние и по трещинам начинает мигрировать по трещинам в скважину.

В результате существенно улучшаются условия для истечения газа в полость скважины после приближения лавы в период разгрузки массива ($L_p-L_{мр}$). Этап разгрузки продолжается до отхода очистного забоя от скважины на расстояние $L_{мр}$, когда в выработанном пространстве происходит обрушение пород основной кровли и высота свода обрушения достигает герметизированного участка скважины. Дальнейшее удаление очистного забоя от скважины определяет увеличение пригрузки на продуктивный газоносный слой и сжатие вмещающих скважину пород, этот процесс продолжается до окончания формирования свода полных сдвижений после отхода очистного забоя до $L_{мр}$. После удаления очистного забоя на расстояние, превышающее $L_{мр}$ деформации породной толщи ϵ стабилизируются. Характер расхода метана из дегазационной скважины, представлен на диаграмме (рис.2).

Реализация предлагаемой технологии (кривая **II**) обеспечивает интенсивное выделение метана в скважину вследствие формирования более значительных зон разрушенных пород вокруг скважин. Кроме того, период эффективного функционирования скважины несколько увеличен за счет роста пути фильтрации свободного газа через разрушенные породы. Все вместе это обеспечивает рост продолжительности и темпов извлечения, а, следовательно, объемов добычи газа из горного массива. На рис.3 представлен вид в плане фрагмента добычного участка с подготовительной выработкой, лавой с очистным забоем, дегазационными скважинами. Для сравнения на нем показаны скважины, эксплуатируемые в соответствии с наиболее близким аналогом и в соответствии с предлагаемой технологией.

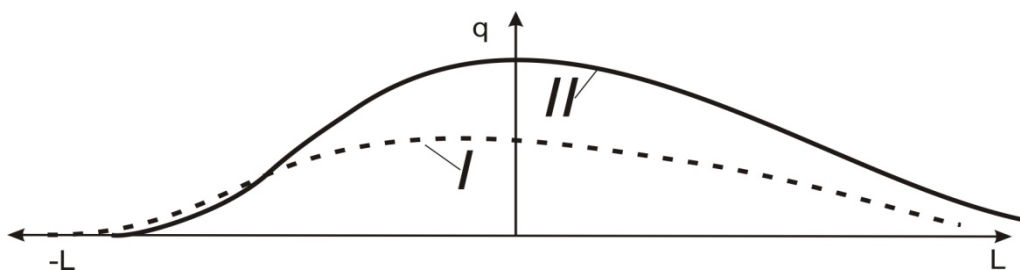


Рисунок 2 – Продуктивность (q) дегазационных скважин при использовании соответственно: традиционной (**I**) и предлагаемой (**II**) технологии

Увеличение размеров зон разрушенных пород вокруг скважин дает возможность снизить объемы бурения скважин и получить за счет этого существенный экономический эффект.

Повышение продуктивности дегазационных скважин обеспечивают путем подачи дисперсного наполнителя в формируемую вокруг скважин зону гидроразрыва [6]. Технология предусматривает заблаговременное бурение скважины к дегазируемому участку горного массива, герметизацию продуктивного участка скважины в пределах дегазируемой части массива, силовое воздействие в герметизированном участке скважины с одновременной подачей в образовавшиеся в массиве трещины дисперсного наполнителя, выемку угольного пласта очистным забоем, отсос газа из скважины. В качестве наполнителя используют песок или керамические частицы, частично заполняющие полости трещин и фиксирующие их в раскрытом состоянии. После этого откачивают из скважины воду и ведут каптаж метана.

Увеличение размеров зон разрушенных пород вокруг скважин дает возможность снизить объемы бурения скважин и получить за счет этого существенный экономический эффект.

Повышение продуктивности дегазационных скважин обеспечивают путем подачи дисперсного наполнителя в формируемую вокруг скважин зону гидроразрыва [6]. Технология предусматривает заблаговременное бурение скважины к дегазируемому участку горного массива,

герметизацию продуктивного участка скважины в пределах дегазируемой части массива, силовое воздействие в герметизированном участке скважины с одновременной подачей в образовавшиеся в массиве трещины дисперсного наполнителя, выемку угольного пласта очистным забоем, отсос газа из скважины. В качестве наполнителя используют песок или керамические частицы, частично заполняющие полости трещин и фиксирующие их в раскрытом состоянии. После этого откачивают из скважины воду и ведут каптаж метана.

Недостаток известной технологии заключается в малом объеме разрушения массива при силовом воздействии, что определяет низкую интенсивность отбора газа из скважины, так как он быстро иссякает в разрушенном объеме, соответственно, низкой продуктивности скважин, что требует бурения дополнительных скважин и к существенному удорожанию получаемого газа при реализации способа. Другой недостаток этот и подобных технологий состоит в значительных энергозатратах на разрушение массива при силовом воздействии, а также необходимости использования мощного дорогостоящего гидравлического силового оборудования, что также приводит к существенному удорожанию получаемого газа при реализации способа.

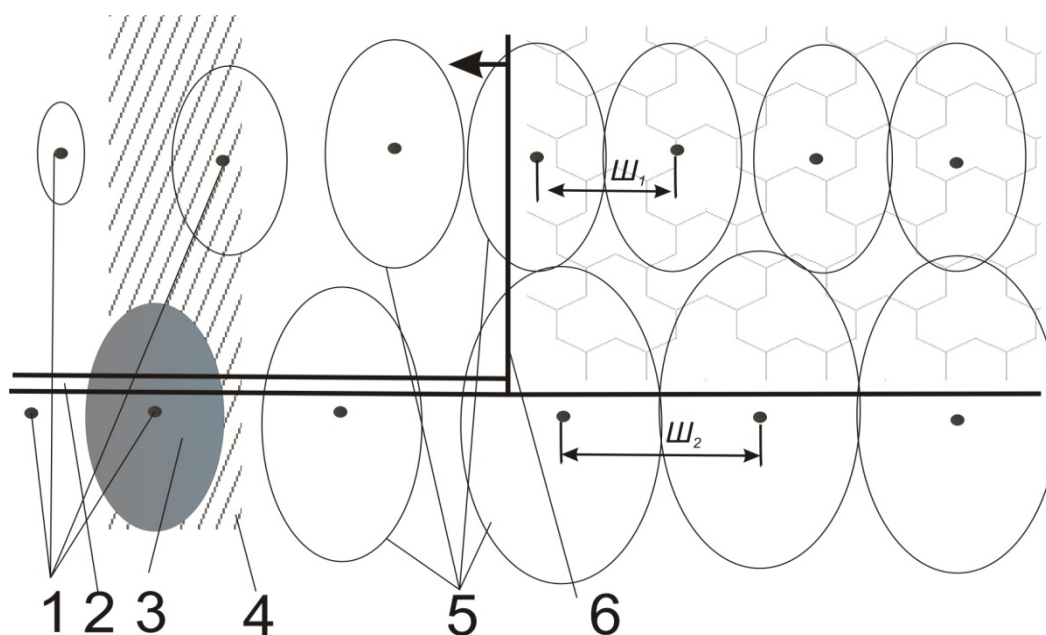


Рисунок 3 – План выемочного участка:

$Ш_1$ и $Ш_2$ – шаг (расстояние) по простиранию между дегазационными скважинами соответственно при реализации традиционной и предлагаемой технологии;

1 – скважины; 2 – подготовительная горная выработка; 3 – зона разрушения горных пород при силовом воздействии в области локальной разгрузки пород; 4 – вид в плане области локальной разгрузки; 5 – границы зон разрушенных пород вокруг скважин; 6 – очистной забой.

Авторами поставлена задача усовершенствования технологии каптажа метана из газоугольных месторождений, в которой обеспечивается технический результат – уменьшение объема работ по бурению скважин и повышение продуктивности скважин. Поставленная задача решается тем, что, силовое воздействие на продуктивный участок скважины с одновременной подачей дисперсного наполнителя осуществляют в период нахождения ее вблизи очистного забоя в зоне разгрузки (см. рис.1) на участке L_p-L_{mp} . Проведение силового воздействия в зоне опорного давления ($L_{од}-L_p$) малоэффективно из-за высокого уровня напряженно-деформированного состояния массива горных пород и высоких энергозатрат на его разрушение. Выполнение этой операции позади очистного забоя ($0-L_{mp}$), или в области пригрузки горных пород ($L_{mp}-L_{пр}$), не обеспечивает достижения технического эффекта из-за высокого уровня трещиноватости горного массива и утечек рабочей жидкости с дисперсным наполнителем в негазоносные участки горного массива. Если силовое воздействие на стенки скважины выполнено в соответствии с предлагаемыми параметрами, то при одном и том же уровне силового воздействия на стенки скважины размер зоны разрушенных пород вокруг нее, а также загрузка полостей трещин дисперсным наполнителем будут максимальными, что обеспечивает более продуктивную и продолжительную работу дегазационной скважины (рис.4).

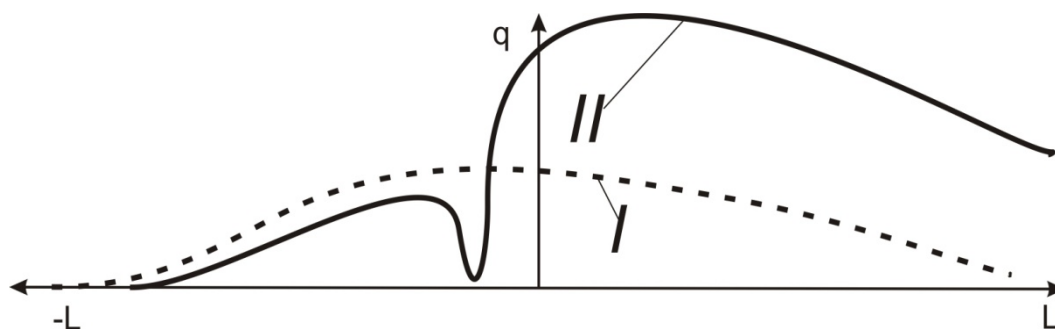


Рисунок 4 – Продуктивность (q) дегазационных скважин при использовании соответственно: традиционной (I) и предлагаемой технологии с силовым воздействием и подачей дисперсного наполнителя в области разгрузки пород (II)

При выполнении силового воздействия в области разгрузки происходит непродолжительное уменьшение дебита скважины до нулевого значения. Однако, в дальнейшем устанавливается интенсивное выделение метана в скважину вследствие формирования более значительных зон разрушенных пород вокруг скважин. Кроме того, период эффективного функционирования скважины значительно увеличен за счет обеспечения фильтрации свободного газа через трещины, содержащие дисперсный наполнитель.

Все это обеспечивает рост продолжительности и темпов извлечения, а, следовательно, объемов добычи газа из горного массива. Увеличение размеров зон разрушенных пород вокруг скважин дает возможность уменьшения объема работ по бурению скважин и повышения продуктивности скважины путем увеличения разрушенного пространства в горном массиве и длительного сохранения его проницаемости, чем объясняется рост темпов и продолжительности извлечения газа из горного массива.

Библиографический список:

1. Управление свойствами и состоянием угольных пластов с целью борьбы с основными опасностями в угольных шахтах/В.В. Ржевский, Б.Ф. Братченко, А.С. Бурчаков, Н.В. Ножкин. Под общей. ред. В.В. Ржевского//Недра.1984.-327с.
2. Пудак В.В., Конарев Е.В., Алексеев А.Д., Брижанев А.М. /Исследование, разработка технологии и промышленное использование метана углегазовых месторождений Донбасса//Уголь Украины. №№ 10-11, 1996. –С.68-71.
3. Костенко В.К. Геомеханические и технологические способы предупреждения и ликвидации возгораний угля // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. // НИИГД. – Донецк, 1998. – С.69-75.
4. Костенко В.К., Бокий А.Б., Шевченко Е.В. Влияние очистных работ на процесс выделения метана из породного массива/Вісті Донецького гірничого інституту//Донецьк: ДВНЗ „ДонНТУ”, 2007. - № 2. – С 36-43.
5. Костенко В.К., Шевченко О.В., Бордюгов Л.Г., Бокий О.Б. Способ дегазації газовугільних родовищ // Патент на корисну модель № 36900, опубл. 10.11. 2008, бюл. № 21.
6. Кауфман Л.Л., Кулдыркаев Н.И., Лысиков Б.А. Добыча горючих газов угольных месторождений. – Донецк: «Вебер» (Донецкое отделение). 2007. – 232 с.