

3. Правила безопасности в угольных шахтах. - Киев: Госкомитет Украины по надзору за охраной труда, 1996.-207 с.

4. Ефремов И.А., Бокий Б.В., Боровский А.В. и др. Оценка эффективности схем проветривания добычных участков шахты им. А.Ф.Засядько // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов / Институт геотехнической механики НАН Украины. - Днепропетровск. - 2002. - Вып. 37. - С. 115-122.

5. Айруни А.Т. Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах. - М.: Наука, 1987.-309 с.

УДК 622.831.325

Канд. техн. наук В.Б. Демченко
(ИГТМ НАН Украины),

инженер А.В. Мартовицкий

(шахта им. В.М. Бажанова ГП «Макеевуголь»)

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КАПТАЖА МЕТАНА УЧАСТКОВЫМИ ДЕГАЗАЦИОННЫМИ СКВАЖИНАМИ В ЗОНЕ ПОДРАБОТКИ

Приведено результати дослідження функціонування дільничних дегазаційних свердловин в умовах шахти ім. В.М. Бажанова. Встановлено нові залежності параметрів роботи свердловин від умов їхньої експлуатації, що дозволяють обґрунтовано керувати роботою дільничної дегазаційної системи.

THE ANALYSIS OF PARAMETERS METHANE CAPTAIN BY DISTRICT DEGASSING WELLS IN UNDERWORKING ZONE

The results of research of district wells functioning in conditions of mine named by V.M. Bashanov are given. The new dependence of parameters of wells work on conditions of their operation allowing to ground are established to operate work of district degassing system.

В настоящее время на шахтах Донбасса наиболее широко применяются способы дегазации участков, основанные на каптаже метана через подземные дегазационные скважины, пробуренные из подготовительных выработок. С дальнейшим углублением горных работ этот способ дегазации не утратит своей распространённости в связи с его постоянным совершенствованием, с возрастанием объёмов и стоимости бурения и оборудования поверхностных дегазационных скважин.

Как и любая технология, дегазация подземными скважинами имеет ряд недостатков. Из них наиболее существенными являются: относительно невысокая продуктивность по метану в связи с низким разрежением на устьях скважин, большая протяжённость трубопроводов, значительные подсосы воздуха в скважины, обусловленные нарушением герметичности обсадки их устьев или подработкой горными работами. Вследствие влияния этих и ряда других факторов, в целом по Донбассу из объёма каптируемого метана утилизировалось, например, в 1997 г. – 45 % [1], в 1998 г. – 38 % [2], в 2000 г. – 28 % [3]. На большинстве шахт метан сбрасывается в атмосферу в виде отходов угледобычи, а на ряде шахт дегазационные системы эксплуатируются крайне неэффективно, не обеспечивая безопасность горных работ. С возрастанием нагрузок на лавы повышаются требования к качеству каптажа метана участковыми скважинами.

Неопределённость моментов подключения, отключения скважин и оперативного управления процессом каптажа метана приводят к неоправданным подсосам воздуха в дегазационную сеть из выработанного пространства и из горных выработок, снижают эффективность управления газовой выделением на выемочном участке.

Известные способы борьбы с подсосами воздуха [4] предотвращают их лишь в устьевой части скважин. В случае наличия аэродинамической связи скважин с выработанным пространством, ликвидировать подсосы практически невозможно.

Таким образом, исследование работы участковой дегазационной системы является актуальным для совершенствования технологических параметров каптажа шахтного метана, обеспечения безопасности горных работ и повышения кондиции извлекаемой газовой смеси для последующей её утилизации. Научное обоснование параметров функционирования дегазационной сети возможно только на основе анализа причинно-следственной связи процессов, протекающих на выемочном участке.

Целью данной работы является определение рациональных технологических параметров эксплуатации участковой дегазационной сети, представленной подрабатываемыми скважинами.

Нами был выполнен анализ работы участковой дегазационной сети при выемке пласта m_3 2-й восточной лавой шахты им. В.М. Бажанова ГП «Макеевуголь» на гор. 1100 м. Пласт отрабатывается по сплошной системе с полным обрушением кровли. Вынимаемая мощность пласта – 1,60 м. Схема проветривания лавы возвратноточная с подсвежением и отводом исходящей струи по вентиляционному ходу, проводимому вслед за лавой. Ходок охранялся buttoвыми полосами из породы, извлекаемой при проведении ходка.

Для дегазации участка применяли каптаж метана скважинами, пробуренные из ходка с интервалом 15 м в над- и подрабатываемых породах в направлении подвигания лавы. Угол разворота скважин к ходку 35° , угол наклона – $30-44^\circ$, средний – 37° . Длина скважин 70-90 м, средняя – 71 м.

К анализу приняты результаты вакуумно-газовых съёмок на устьях восстающих дегазационных скважин. Исследования выполнены службой ВТБ шахты совместно с отделом горной аэрогазодинамики ИГТМ НАН Украины в течение 1 месяца работы участка, при средней скорости подвигания лавы 2,5 м/сутки. На дату первого наблюдения удаление лавы от разрезной печи составило около 700 м, ближайшую к ней очередную скважину подключали к дегазационному трубопроводу в 25 м от лавы. Таким образом, дегазационная система была динамичной: по мере подвигания лавы вводили в эксплуатацию новые скважины и отключали потерявшие продуктивность по метану.

Съёмки выполняли по стандартной методике [4]. На основании измерений разрежения на устьях скважин, перепада давления на диафрагмах и концентрации метана в смеси вычисляли дебит метана из скважин.

Анализ результатов измерений разрежения на устьях скважин показал, что среднее по участку разрежение составляло 376 мм вод. ст. (57 % нормативной

[4] величины) при минимальном на участке разрежении, равном 39 % нормативного.

Зависимость разрежения на устьях скважин от расстояния до забоя лавы приведена на рис. 1. При всех наблюдениях отмечено закономерное снижение разрежения в направлении от разрезной печи к забою лавы, что связано с дебитом газа из скважин. После приведения положения устьев скважин к квазистатическому состоянию забоя лавы, получили совокупность точек, отражающих зависимость разрежения P на устьях скважин от расстояния l до забоя лавы. Очевидна достаточно тесная связь между признаками, которую функционально можно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью вида:

$$P = P_0 + a \cdot m^l, \text{ мм вод. ст.}, \quad (1)$$

где P_0 – минимальное разрежение в дегазационном ставе, приуроченное к ближайшей к лаве скважине в момент её подключения к сети; a, m – эмпирические коэффициенты, учитывающие технологические параметры дегазации и горно-геологические условия выемки пласта.

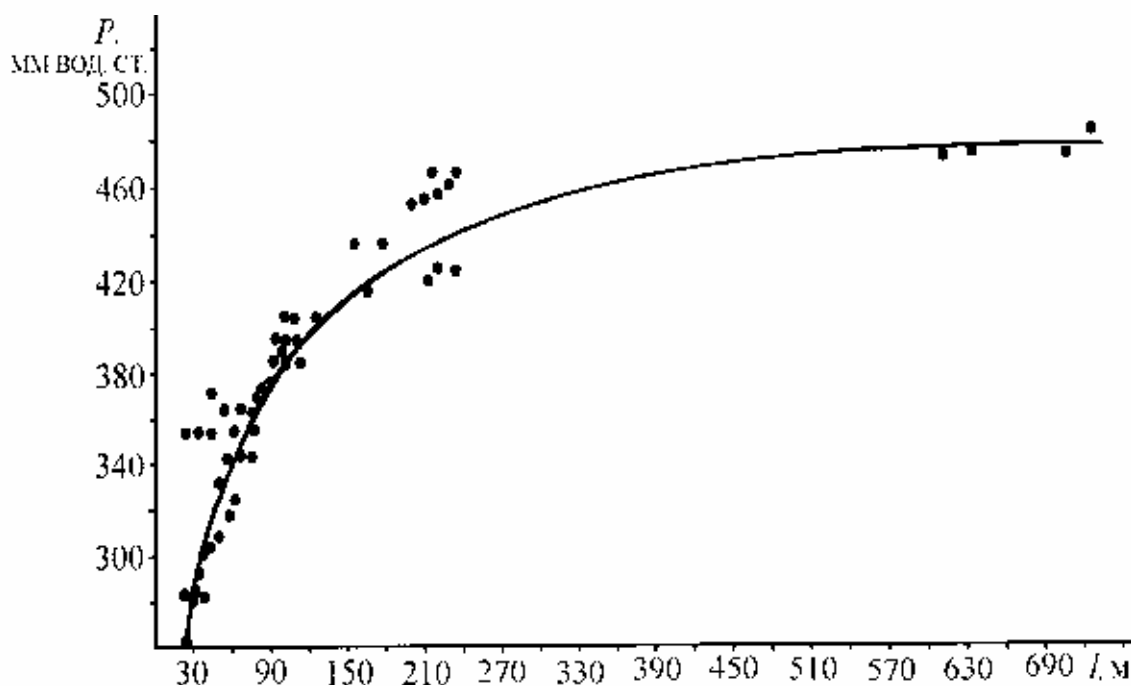


Рис. 1 – Зависимость разрежения P на устьях дегазационных скважин от расстояния l до лавы

Таким образом, при данной системе разработки и схеме дегазации участка зависимость разрежения на устьях скважин описывается экспоненциальной функцией. Разрежение на устьях скважин зависит от их расположения относительно забоя лавы, или, что точнее, от положения их рабочей части в мульде сдвижения подрабатываемых пород. Чем ближе устье скважины к лаве, тем меньше разрежение в ней. Это указывает на то, что кроме влияния притока газа по мере движения смеси к границе участка, продуктивная часть каждой сква-

жины последовательно находится в зонах мульды сдвижения, для которых различны параметры газового давления, проницаемости и газоотдачи пород.

Отсутствие работающих скважин на протяжённых интервалах между скважинами 4-й и 19-й, 19-й и 81-й, 82-й позволило установить параметры подсоса воздуха в участковый дегазационный став через стыки трубопровода. Снижение разрежения в данных условиях составило 0,03 мм вод. ст. на 1 пог. метр става, или 4 % в целом по участку. При такой интенсивности подсосов общий приток воздуха в став через стыки составил в среднем 0,51 м³/мин и при среднем суммарном расходе метана 11,5 м³/мин обусловил дополнительное снижение его концентрации на 4 %.

Одним из параметров дегазационной сети является среднее по участку разрежение на устьях скважин (рис. 2). На первое наблюдение при работающих 13 скважинах среднее разрежение составило 393 мм вод. ст., на второе, при 14 скважинах – 389 мм вод. ст., при третьем (11 скважин) оно снизилось и составило 374 мм вод. ст., то есть при увеличении и последующем уменьшении количества работающих скважин разрежение монотонно снижалось. Далее при увеличении количества действующих скважин до 12 разрежение резко снизилось. На последнее наблюдение, при 11 скважинах (как и на 3-м) разрежения были практически равными.

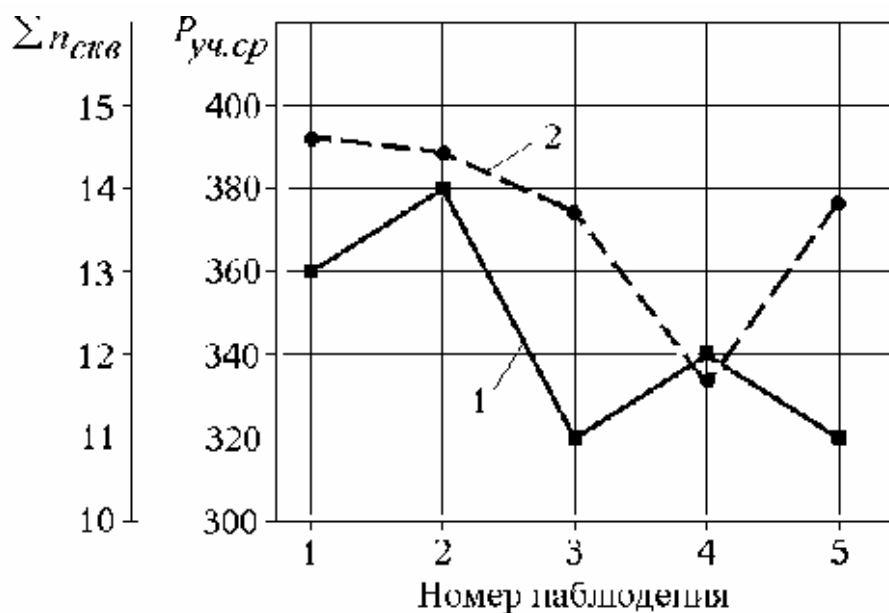


Рис. 2 – Суммарное количество действующих дегазационных скважин $\Sigma n_{скв}$ (1) и среднее разрежение в них $P_{уч.ср.}$ (2) при 1-5 наблюдениях

Таким образом, анализ показывает, что количество одновременно действующих скважин не обуславливает среднее по участку разрежение на их устьях.

Одним из основных параметров функционирования участковой дегазационной системы является дебит скважин. Для оценки распределения дебита метана из скважин забой лавы был принят квазистатическим, и данные по всем наблю-

дениям смещены вдоль оси абсцисс в соответствии с подвиганием лавы. Вентиляционный ходок разбили на 10-метровые интервалы и определили средние по интервалам дебиты скважин (рис. 3).

Анализ экспериментальных данных показал, что зависимость $Q_{CH_4}=f(l)$ близка нормальному распределению, где экстремальный минимум дебита скважин приурочен к расстоянию 150-200 м от забоя лавы. Скважины, расположенные на этом интервале, не вносят существенного вклада в общий дебит, разбавляют каптируемую смесь воздухом шахтной атмосферы, снижая разрежение в участковом газопроводе. Пять скважин, ближайших к лаве, дают 64 % общего дебита метана, две скважины, удалённые на более 260 м от лавы – ещё 28 %. Остальные работающие на участке 4-7 скважин каптируют лишь 8 % общего объёма метана, в том числе наиболее удалённые от лавы – до 4 % каждая.

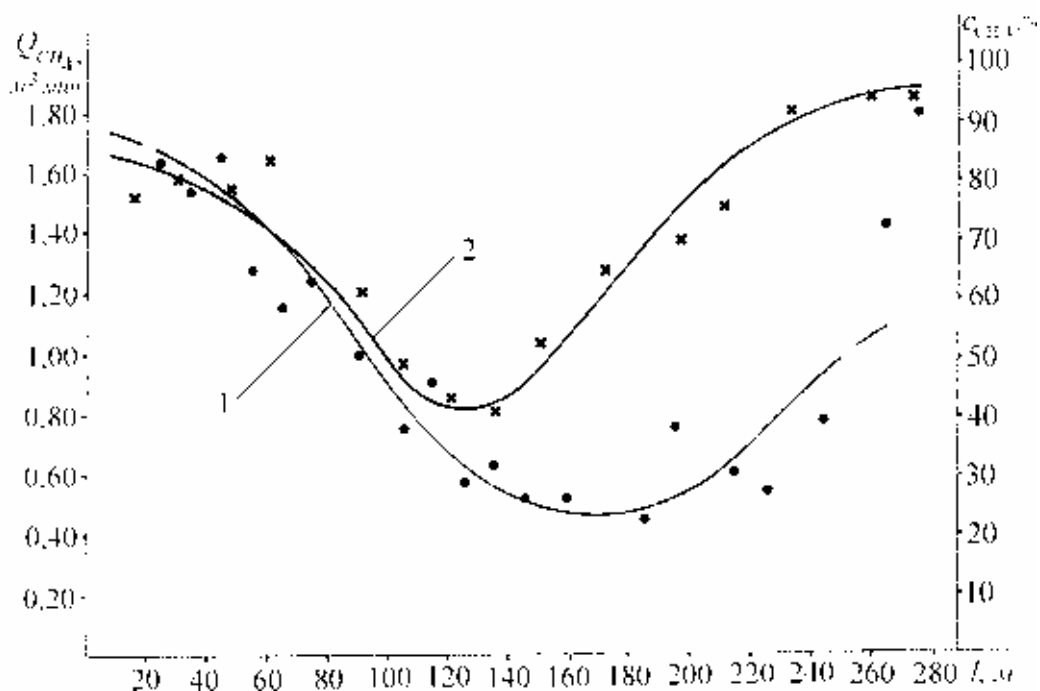


Рис. 3 – Зависимость дебита Q_{CH_4} участковых дегазационных скважин (1) и концентрации метана C_{CH_4} в каптируемой смеси (2) от расстояния до забоя лавы l

Поэтому, с точки зрения эффективности каптажа метана и извлечения кондиционной смеси, на участке следует применять оперативное управление работой скважин, например, своевременно уменьшать проходное сечение устьев подвижными заслонками-диафрагмами или другими способами. В данных условиях необходимо эксплуатировать скважины, удалённые от лавы до 100 м, затем частично дифференцированно уменьшать их дебит, а после отхода лавы на 260 м и более – снова вводить их в эксплуатацию до окончания работы выемочного участка.

Подобная закономерность прослеживается и в изменении концентрации метана в каптируемой смеси (см. рис. 3). В скважинах, ближайших и в наиболее удалённых от лавы, концентрация метана составляет 80-95 %, а минимум кон-

центрации ($< 50\%$) приурочен к интервалу 100-150 м от лавы. Анализ результатов наблюдений показал, что по критерию кондиции каптируемой смеси необходимо снижать продуктивность скважин, применяя оперативное управление её дебитом.

Эффективным и дешёвым способом управления режимом каптажа метана дегазационной скважиной может служить также применение эжекционного регулирования разрежения в них [5], позволяющего снизить подсосы воздуха в устьевой части и повысить разрежение в её рабочей части. В основу этой технологии положена идея каптажа метана скважинами с дополнительной установкой в них водяных эжекторов за границей зоны техногенной трещиноватости пород вокруг горной выработки [6]. Эжектирующая струя воды, направленная к устью скважины, создаёт дополнительное разрежение в её продуктивной части и подпор газа в её устьевой части. Тем самым достигается повышение продуктивности скважины по метану и снижаются подсосы воздуха из шахтной атмосферы. Оперативно управляя расходом или давлением воды в эжекторе, можно регулировать расход и концентрацию метана в каптируемой смеси.

Рассмотрим связь параметров каптажа метана со сдвижением пород в условиях сплошной системы разработки и дегазации пород кровли скважинами, пробуренными в направлении подвигания лавы.

Для зависимостей расхода каптируемого метана и его концентрации в смеси с удалением от лавы, приведенных на рис. 3, наблюдаются подобные закономерности. Близкое к нормальному распределение дебита метана из скважин с удалением от забоя лавы связано со сдвижением и газоотдачей подрабатываемых пород кровли отработываемого пласта [7, 8].

На момент подключения к дегазационному ставу забой скважины расположен вне зоны сдвижения пород, устье скважины обсажено на длине 4 м и охраняется бутовой полосой шириной 15 м. Основная часть скважины пересекает зону техногенных коллекторов, заполненных метаном, находящимся под значительным давлением [9]. Поэтому ближайšie к лаве скважины наиболее продуктивны и каптируют газ с высокой концентрацией метана, при минимальном в пределах участка разрежении на их устьях

С отходом лавы скважина оказывается в зоне растяжения нижних частей слоёв подработанных пород кровли, происходит уплотнение бутовой полосы и появляется аэродинамическая связь между скважиной и выработанным пространством лавы. Наличие утечек воздуха в выработанном пространстве, а также происходящее к тому времени истощение техногенных коллекторов метана сопровождается снижением дебита скважины и возникновением существенных подсосов воздуха, снижающего концентрацию метана в каптируемой смеси.

При дальнейшем отходе лавы скважина перемещается в зону закрывающихся межпластовых и секущих трещин, газовая проницаемость пород в нормальном пласту направлении снижается. Это обуславливает снижение подсосов воздуха и увеличение разрежения в скважине. В совокупности со снижением интенсивности утечек воздуха в выработанном пространстве, эти процессы сопровождаются повышением дебита метана и улучшением кондиции каптируе-

мой смеси.

При дальнейшем перемещении полумульды сдвижения пород и попадании скважины в плоское дно мульды, над обрушенными и уплотнёнными породами непосредственной кровли пласта наблюдается незначительный остаточный дебит метана в скважину из выработанного пространства и длительно существующих полостей расслоения пород над его неподвижной границей.

Таким образом, параметры сдвижения подрабатываемых пород определяют параметры каптажа метана. При данной системе разработки и способе дегазации имеют место закономерные изменения дебита метана и его концентрации в каптируемой смеси с удалением от лавы. Для оптимизации параметров каптируемой смеси необходимо оперативно управлять дебитом скважин и разрежением на их устьях с учётом параметров сдвижения в конкретных условиях выемки угольного пласта. Способами такого управления могут являться установка диафрагм на устьях или внутрискважинных водяных эжекторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чепенко А.В. Каротаж и использование шахтного метана в Украине / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины.- Киев-Днепропетровск, 2000.- Вып. 17.- С. 52-56.
2. Конарев В.В., Сеплярский Д.Г., Рылов В.Ф. Об опыте разработки технологии дегазации угольных месторождений в Донбассе / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины.- Киев-Днепропетровск, 2000.- Вып. 17.- С. 208-213.
3. Филиппов А.Э., Писаренко А.А., Триплетт Д.Р. Шахтный метан в Украине: оценка эмиссии и возможности использования / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины.-Киев-Днепропетровск, 2002.- Вып. 32.- С. 14-22.
4. Руководство по дегазации угольных шахт.- М.: Недра,- 1990.- 192 с.
5. Патент України 37720А. Спосіб дегазатії виймальної дільниці шахти. / В.І. М'якенький, В.Г. Колесніков, В.Б. Демченко. - МПК E21 F 7/00. Заявка 2000041987 від 07.04.2000 р. Опубл. 15.05.2001. Бюл. № 4.
6. Демченко В.Б. технология каптажа шахтного метана с эжекционной декомпрессией скважин / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины.- Днепропетровск, 2002.- Вып. 35.- С. 166-171.
7. Мякенький В.И. Сдвижение и дегазация пород и угольных пластов при очистных работах.- Киев: Наукова думка, 1975.- 99 с.
8. Демченко В.Б. Демченко В.Б. Прогноз газовыделения на выемочном участке шахты / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины.- Днепропетровск, 2000.- Вып. 22.- С. 52-56.
9. Демченко В.Б., Колесников В.Г. Формирование техногенных коллекторов метана в зоне сдвижения горных пород / Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины.- Киев-Днепропетровск, 2002.- Вып. 33.- С. 138-142.