

## ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЫРАБОТОК ВБЛИЗИ ГАЗОВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

В роботі розглянуті особливості протікання фізико-механічних і фільтраційних процесів гірських порід, які дають можливість оцінити газодинамічну ситуацію і розробити рекомендації для безпечного проведення гірничих робіт з використанням засобів дегазифікації і можливого при цьому попутного видобутку метану.

## FEATURES OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROCESSES AT CARRY- ING OUT OF COAL FACE NEAR TO THE ROCK SATED WITH GAS AND WATER, IN CONDITIONS OF THE WESTERN DONBASS

Features of course of physical, mechanical and filtration processes of rocks which enable to estimate gas situation and to develop recommendations for safe carrying out of coal face with use of means of decontamination, are considered in this work.

В Западном Донбассе при переходе горных работ на большие глубины растет количество метана, который высвобождается из горного массива. Уже появилась необходимость в развитых системах дегазификации угольных пластов и вмещающих их пород для существенного повышения безопасности ведения горных работ и попутного получения дополнительных энергоресурсов. В глубоко расположенных геологических структурах отмечается наличие больших скоплений метана, находящихся в пределах запланированных для разработки частей шахтных полей. Так, на шахте «Западно-Донбасская» при разработке III блока прослеживаются положительные купольные структуры, примыкающие к лежащему крылу Богдановского сброса. Эти структуры образуют структурно-тектоническую ловушку свободных углеводородных (УВ) газов.

По данным геологической службы шахты коллектор песчаника  $C_6SC_8$  газонасыщен, с газоводяным контактом на глубине 334,33 м. Расчетное содержание газа в песчанике  $C_6SC_8$  составляет  $0,62 \pm 2,44$ , в среднем  $1,86 \text{ м}^3/\text{м}^3$  породы. Прогнозные ресурсы УВ газов в породах III блока составляют 1,6 млрд.  $\text{м}^3$ .

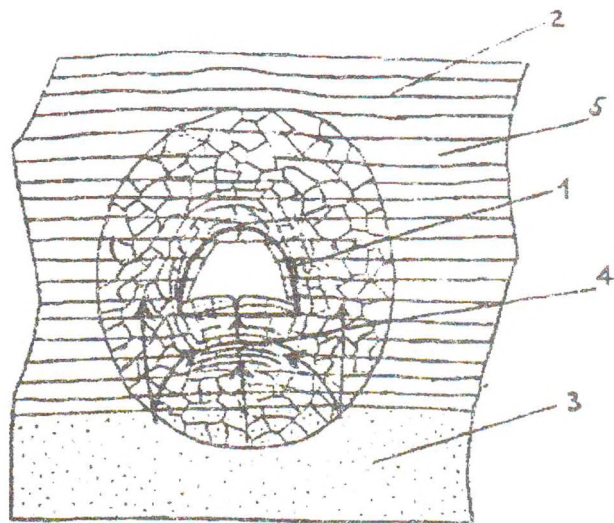
Отработка пласта  $C_8^n$  по данным прогноза будет сопровождаться высоким газовыделением из находящихся в почве газоносного песчаника. Для накопления научного материала, позволяющего установить особенности миграции метана при разработке глубоко залегающих пластов, изучены особенности физико-механических процессов, протекающих в газоводонасыщенных породах.

Как известно из результатов работ [1-3] вокруг выработки под действием перераспределения горного давления породы разрушаются, образуя зону неупругих деформаций, охватывающую выработку. За счет перехода пород в предельное состояние в пределах зоны неупругих деформаций образуются зоны полностью и частично разрушенных пород, которые сохраняют некоторую несущую способность и сцепление. За пределами зоны неупругих деформаций

породы сохраняют упругие свойства. За счет снижения прочности во времени происходит постепенное увеличение размеров зон разрушенных и нарушенных пород, а за счет их ползучести — рост смещений. На характер напряженно-деформированного состояния вблизи выработки существенное влияние оказывают анизотропия прочности пород, а также неоднородность естественного поля напряжений в массиве. Результатом прочностной анизотропии пород является вытянутость зон неупругих деформаций вокруг выработок в направлении нормальном напластованию. Значения радиуса зоны неупругих деформаций, полученные из разных математических моделей по породам Западного Донбасса, изменяются в значительном диапазоне. Для боков выработки относительные размеры разрушаемой зоны отличаются более чем в семь раз, а для кровли — в четырнадцать раз. Приближенные максимальные значения расчетного радиуса [3] соответствует направлению нормальному к напластованию и составляет более 6 м (рис. 1). Весьма существенно то, что относительная величина размера зоны обрушения зависит от абсолютного размера выработки.

В любом случае разгрузка породного массива вокруг выработки будет выражаться в образовании системы поверхностей с пониженным сцеплением, что является средой для зарождения трещин, околонтрубающих эту выработку (см. рис. 1). Область повышенных напряжений должна переместиться в глубь массива в зону упругих деформаций. Шахтные наблюдения показали, что причины пучения пород почвы, также как и смещение контура кровли в глубь выработки, есть результат образования зоны неупругих деформаций. Характерным для условий слабых пород является развитие больших разрушений в сторону незакрепленной поверхности и такой поверхностью при арочной крепи является почва [3]. Величины смещений пород почвы обусловлены разрушением и разрыхлением пород с образованием расслоений и шатровых конструкций между зонами бывших наибольших концентраций напряжений в углах выработки. В связи с этим интенсивность смещений, сопровождающих процесс разрушения пород, развивается в большей степени в почве выработки, чем в кровле, выше в 5 раз [3]. Особенно такой процесс характерен для аргиллитов Западного Донбасса, которые в большинстве случаев имеют повышенную степень ползучести по отношению к песчаникам и алевролитам, что подтверждается результатами многочисленных экспериментальных испытаний. Развитие процесса трещинообразования в зоне неупругих деформаций означает значительное повышение коллекторских свойств ранее слабопроницаемых глинистых пород, что обуславливает проникновение в выработку флюидов и газов. Так, если зона неупругих деформаций в ходе своего развития достигает находящегося на некоторой глубине газоносного песчаника, то это приводит к рассеиванию газа в трещиноватом пространстве вокруг выработки и поступлению в нее по трещинам.

Для обеспечения безопасных условий труда по газовому фактору при проведении конвейерного квершлага горизонта 420 м, вскрывающего запасы угля по пласту  $C_8^H$  шахты «Западно-Донбасская», блок №3, предусмотрены мероприятия по извлечению метана средствами подземной дегазации.



1 – первоначальное положение контура выработки; 2 – контур нарушенной зоны с неупругими свойствами пород; 3 – газоносный песчаник; 4 – зоны наибольшего разрыхления аргиллита; 5 – нарушенная зона с упругими свойствами пород

Рис. 1 – Схема разрушения пород вокруг выработки

Для этого были выбраны соответствующие параметры дегазационных скважин на надрабатываемый газоносный песчаник. По мере увеличения протяженности выработки количество поступающего газа из вмещающих пород продолжало возрастать, что привело к необходимости сокращения расстояний между скважинами (рис. 2).

При натуральных наблюдениях установлено, что в процессе проведения квершлага дегазируется только часть песчаника, которая сопряжена с областью неупругих деформаций вышележащего аргиллита, удаляется свободный и часть сорбированного газа. В соответствии с этим, дебит газа из каждой ранее пробуренной скважины и поступление метана в выработку будет увеличиваться до некоторого значения и далее постепенно снижаться.

Это можно объяснить тем, что по мере поступления газа из скважин и трещин, находящихся в зоне неупругих деформаций вблизи песчаника, в процесс фильтрации начинают вовлекаться все новые объемы газоносного песчаника.



За счет этого объём фильтрующей среды значительно увеличивается, а перепад давления со временем уменьшается. Пользуясь законом Дарси, можно определить от чего зависит расход газа в скважине [2]:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k (P_k - P_c) \ln \left( \frac{R_k}{r_c} \right)}{\mu},$$

где  $Q$  – дебит скважины;  $k$  – коэффициент проницаемости, мДа;  $\mu$  – вязкость газа, Н·с/м<sup>2</sup>;  $R_k$  – радиус контура питания, м;  $r_c$  – приведенный радиус скважины, м;  $P_k$  – давление газа на контуре питания, Па;  $P_c$  – давление газа в скважине, Па.

Из формулы видно, что дебит прямо пропорционален проницаемости горных пород и разности давления газа на контуре питания массива и в самой скважине.

Рассмотрим график изменения дебита газа отдельно взятой скважины во времени (рис. 3).

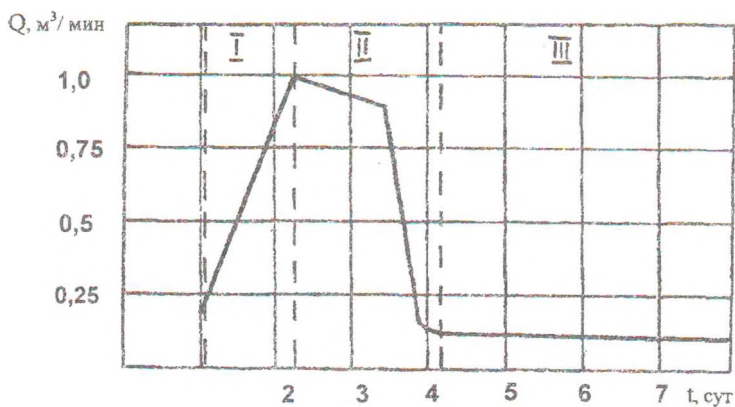


Рис. 3 - Зависимость изменения дебита от времени

Здесь можно проследить три характерных временных интервала. На интервале I отмечается резкое увеличение дебита. Это объясняется тем, что газ начинает активно поступать в скважину из околоскважинного массива песчаника, из-за малой степени дегазации песчаника вблизи скважины, достаточно большого перепада давления газа в массиве и полости скважины, малого объёма фильтрующей околоскважинной среды, замедляющей его движение.

Под фильтрующей средой понимается тот объём массива газонасыщенной породы вокруг дегазационной скважины, который уже отдал газ в сква-



жину, но при этом ещё является газотранспортным связующим звеном между скважиной и не дегазированной газонасыщенной средой. Объём фильтрующей среды во времени радиально расширяется от скважины в глубину газоносного массива до некоторого радиус-значения, при котором прекращается динамика газа в скважину из массива.

По мере дальнейшего вовлечения в процесс фильтрации новых объемов газа из песчаника в скважину, сопротивление фильтрующей среды уменьшает скорость поступления газа, понижая перепад давления газа не дегазированного массива и скважины на единицу радиуса фильтрующей среды. В конце концов, это приводит к прекращению увеличения дебита газа в скважину, обозначив точку его наибольшего значения.

Следующий II интервал времени можно охарактеризовать как период падения дебита газа вследствие извлечения некоторого объема.

При этом перепад давления по отношению к постепенно увеличивающемуся радиусу фильтрующей среды будет уменьшаться. Наконец, наступает такой момент, когда силы, вызывающие движение газа в поровом пространстве, уравновешиваются с силами сопротивления фильтрующей среды. В этом случае скорость движения газа будет установившейся и иметь малые значения, что соответствует III интервалу времени.

Аналогично скважине, проводимую выработку вместе с дегазационными скважинами и трещиноватым пространством зоны неупругих деформаций можно рассматривать как некую полость, отличающуюся от нее значительно большим объёмом фильтрующей среды. После извлечения некоторого объема газа, дебит скважин и поступление метана в выработку из трещин значительно снизятся, приобретая установившийся характер на участке выработки с сформировавшейся зоной неупругих деформаций, что при достаточном уровне проветривания может соответствовать безопасным нормам ведения работ по газовому фактору.

При креплении свежееобнаженной поверхности выработки в связи с наличием технологического зазора между крепью и массивом, а также дальнейшим проявлением горного давления происходит смещение контуров внутрь выработки до наступления равновесия в системе «крепь-массив», что указывает о уменьшении интенсивности геомеханических процессов. В результате происходит интенсивное газовыделение в выработку из почвы, так как зона неупругих деформаций, расширяясь вглубь массива, начинает оказывать влияние на газоводонасыщенный песчаник. В связи с газоводонасыщенностью песчаника вместе с газом к выработке доставляется вода.

На ПК 70 при расстоянии от почвы выработки до песчаника 7-8 м, мощности песчаника 15-16 м, скорости проходки 3 м/сутки, скорость газовыделения в конвейерном квершлагае из всех источников составляет 8-9 м<sup>3</sup>/мин. При подходе забоя к ПК 100, по данным геологической разведки, почва выработки сближается с кровлей песчаника до 2 метров, а мощность песчаника при этом увеличивается до 38 метров. Геологическая ситуация ухудшается тем, что увеличивается бремсберговая часть шахтного поля и форма поверхности кровли песчаника

имеет положительную куполообразную форму с прилегающим тектоническим нарушением, влияющего на коллекторские свойства горных пород.

По вышеперечисленным причинам, по нашему мнению с большой степенью вероятности ожидается увеличение скорости газовыделения в выработку до 15 м<sup>3</sup>/мин, и более. Поэтому следует уменьшить темпы проходки выработки, вплоть до полной остановки на время проведения опережающей дегазации песчаника. Надо увеличивать длины бурения скважин по песчанику. Целесообразно рассмотреть возможность применения гидроразрыва песчаника впереди забоя. В связи с этим возникнет потребность в увеличении пропускной способности участкового дегазационного трубопровода.

Рассмотренные особенности физико-механических и фильтрационных процессов в породах, протекающих вокруг одиночной горной выработки вблизи газо-водонасыщенного песчаника, дают возможность оценить газодинамическую ситуацию и разработать рекомендации, необходимые для безопасного ведения горных работ с применением дегазационных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.М. Усаченко, В.П. Чердынченко, И.Е. Головчанский. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизованных породах; АН УССР, Институт геотехнической механики. - К.: Наук. думка. 1990.
2. Г.И. Баренблатт, В.М. Ентов, В.М. Рыжик. Движение жидкостей и газов в природных пластах. М.: Недра, 1984. - 211 с.
3. А.Н. Зорин, Ю.М. Халимендик, В.Г. Колесников. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых. - Москва: ООО «Недра-бизнес», 2001. - 413 с.

УДК 622.74-913.3.001.4

А.И. Шевченко  
(ИГТМ НАН Украины)

### ИСПЫТАНИЯ КОНУСНОГО СМЫВНОГО УСТРОЙСТВА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Наведені результати іспитів конусного змивного пристрою у технологічній схемі переробки відходів збагачення. Дано рекомендації щодо використання пристрою на збагачувальних фабриках.

### TESTS OF CONE WASHING DEVICE ON TO PROCESSING WASTES DRESSING TECHNOLOGICAL SCHEME

There are given results tests of cone washing device on to processing wastes dressings technological scheme. There are given recommendations to use devices on reaching factories.

В последнее время все острее стоит вопрос о переработке отходов полезных ископаемых, занимающих немалые земельные площади и требующих существенных затрат на строительство и эксплуатацию хвостохранилищ. Все больше внимания уделяется поиску безотходных технологий. Многие научно-исследовательские и проектные организации занимаются решением этих проблем [1].