

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ДЕФОРМАЦИЙ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ**

У даній статті встановлено на якісному рівні зв'язок розвитку деформацій з перевищенням значень локальних структур, поширених у вуглепорідному масиві, що в свою чергу може впливати на метановість гірничих виробок.

## **INFLUENCE OF GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL FACTORS ON DEVELOPMENT OF DEFORMATIONS IN A COAL-ROCK ARRAY.**

The copulas of development of deformations with exceeding of values of local structures of widespread in coal-rock array, that in the turn can influence on gazoobyl'nosty mountain making is determined at high-quality level in this article.

Проблеми выделения и прогнозирования зон скопления метана в углях и породах для последующего его извлечения с целью утилизации и повышения безопасности на угольных шахтах Донбасса, являются в настоящее время достаточно актуальными. Энергетический кризис в стране и в мире является следствием существенного уменьшения невозобновляемых источников энергии. Наличие на Украине в крупном угольном бассейне значительных ресурсов метана, не уступающего по своим энергетическим параметрам природному газу, можно рассматривать дополнительным, а в перспективе, может быть и основным источником энергии. Шахтный метан в настоящее время негативно влияет на безопасность работ и формирование зон повышенной газоносности, что сказывается на темпах проходки подготовительных и очистных выработок, а, в конечном счете, на себестоимость продукции. На сегодняшний день проблема заключается в разработке и внедрении таких методик, которые позволили бы получать наиболее достоверные и надежные прогнозные данные об указанных зонах.

Знание газоносности угольных и породных пластов, а также газообильности шахт необходимо для определения оптимальных параметров вентиляции, расчета допустимых нагрузок на очистные забои и, безусловно, обеспечения безопасности труда шахтеров. Эти вопросы актуальны особенно для высоконагруженных лав. Обострение проблемы выбросов пород, углей и газа, а в последнее время – попутной добычи метана и его утилизации из угленосных отложений послужило причиной формулирования новых задач, учитывающих более детальное изучение газоносности вмещающих пород, факторов влияющих на газообильность лав и других, особенно в подработанном массиве и в процессе отработки.

Породы, расположенные выше очистной выработки, называются подработанными. Они характеризуются тем, что в них направление силы тяжести согласуется с направлением смещений пород подработанного массива. Это при-

водит к тому, что в слоистом массиве при слабом сцеплении на контактах слои непосредственной кровли оказываются в положении плит, консолей, балок, находящихся под действием собственного веса. Как правило, слои разбиты трещинами (естественными или образующимися при разработке) на блоки, и при увеличении ширины выработки поворачиваются и смещаются относительно друг друга в совместном движении в выработанное пространство. Из учебного курса сопротивления материалов известно, что в каждом поперечном сечении балки или консоли с одной стороны от нейтральной оси действует растяжение, а с другой – сжатие. Поэтому трещины между блоками слоя с одной стороны, испытывают растяжение, раскрываются. На противоположной стороне образуется сжатое состояние слоя, происходит взаимодействие блоков, и образуются своеобразные шарниры. Области растяжения и раскрытия трещин могут быть как на верхней, так и на нижней стороне слоя. Соответственно шарниры образуются на нижних и на верхних сторонах. Даже при отсутствии природных секущих трещин слабое сопротивление большинства горных пород растяжению приводит к росту первоначально малых трещиноподобных дефектов и развитию описанного процесса [1].

В работе [2] авторами была выполнена оценка влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на эффективность разгрузки углелепородного массива, была использована вероятностная таблица, составленная на основании положений теории Бейеса, применяемая обычно для прогнозных целей. На исследуемый основной показатель – максимальную деформацию расширения породного массива влияют следующие принятые независимые факторы (по мнению авторов): глубина разработки, мощность междупластья, угол падения пласта, слоистость пород междупластья. Анализ таблицы, составленной для условий Донецкого бассейна, показал, что при подработке прослеживается значительное влияние слоистости пород междупластья на величину деформаций расширения породной толщи междупластья и подзащитного пласта, а, следовательно, и на эффективность искусственной дегазации пласта. Междупластовые породные толщи по степени слоистости были разделены на три категории: легкорасслаиваемое междупластье – возможное число плоскостей расслоения  $n > 6$ ; среднерасслаиваемое – число плоскостей расслоения  $n = 4 \div 6$ ; труднорасслаиваемое междупластье –  $n < 4$ .

Для сравнительной оценки расслаиваемости породных толщ междупластий введены показатели «степень слоистости» и «коэффициент слоистости». Степень слоистости породной толщи междупластья представляет собой число потенциально возможных плоскостей расслоения  $n$  породной толщи рассматриваемого междупластья и равна частному от деления мощности междупластья на толщину определенного слоя. Коэффициент слоистости есть отношение числа потенциально возможных плоскостей расслоения к мощности междупластья [2].

Такой подход к определению сравнительной степени расслаиваемой породной толщи дает возможность анализировать влияние слоистости корреляционным и регрессионным методами без каких-либо затруднений по получе-

нию исходных данных.

В работе [3] авторы отмечают, что скорость развития деформаций растяжения  $V_d$  (с разрывом или без разрыва сплошности пород) может быть больше или меньше скорости перемещения очистного забоя  $V_3$ . Это приводит к различному характеру проявления деформационных процессов в горном массиве и различным геомеханическим моделям горного давления. В процессе отработки угольного пласта при скорости перемещения очистного забоя меньше скорости развития деформаций ( $V_3 < V_d$ ), сдвигание массива горных пород происходит циклично, блоками, т.е. с полным обрушением кровли. При скорости перемещения очистного забоя равной или близкой скорости развития деформаций растяжения в массиве ( $V_3 \geq V_d$ ), управление горным давлением характеризуется плавным опусканием кровли.

Сдвигание горных пород в подработанном массиве выше зоны обрушения происходит в форме последовательного прогиба слоев с разрывом и без разрыва сплошности. При изгибе подрабатываемого породного слоя в нем образуются зоны растяжения и сжатия. При определенных условиях в зонах растяжения породных слоев проявляются трещины разрыва, которые, как правило, между собой не соединяются, т.е. не являются газоводопроводящими каналами. Однако трещины могут стать сквозными (выше зоны обрушения), если слой в результате изгиба в одном направлении (например, по падению) получает положительную кривизну (выпуклостью вверх), а в другом (по простиранию) – отрицательную кривизну (выпуклостью вниз). Две взаимно перпендикулярные трещины на сторонах слоя с противоположными по знаку выпуклостями, пересекаясь, образуют сквозной газоводопроводящий канал. Схематичное представление о таком пересечении трещин дает рис. 1.

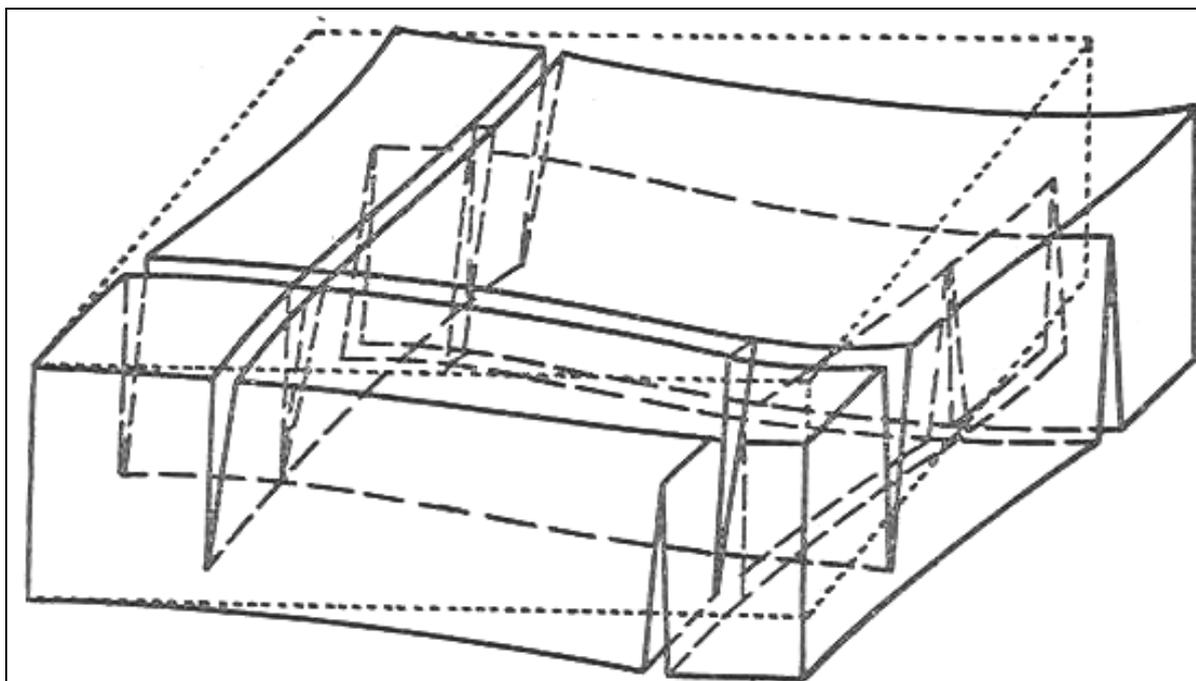


Рис. 1 – Схема образования системы трещин в изгибающихся слоях породного массива

Для определения возможности возникновения газоводопроводящих каналов в подработанной толще пород достаточно знать величину относительных деформаций растяжения  $\varepsilon$  на границах изгибающегося породного слоя, длину зоны растяжения  $l$  и критическую величину относительных деформаций растяжения  $\varepsilon_{кр}$ , при которой происходит разрыв сплошности горных пород.

Неровности рельефа и неоднородности строения массива приводят к возникновению касательных напряжений на горизонтальных площадках. Они довольно значительны вблизи от места возмущения и стремятся к нулю при удалении от него. Напряженное состояние вдали от купола или впадины (на расстояниях, превышающих  $6h_1$ ) примерно такое же, как на той же глубине при горизонтальном залегании.

В случае жесткой складки ( $E_{скл} > E_{пор}$ ) ее влияние оказывается весьма существенным [4]. При этом, вышележащая толща опирается на вершины складок и создает в окрестностях повышенное по сравнению с однородным массивом давление. В то же время около крыльев жесткой складки имеется некоторая разгрузка, так что в среднем вертикальные напряжения удовлетворяет уравнение:

$$\sigma_{yH} = -\gamma(H - y),$$

где  $\sigma_{yH}$  – вертикальные напряжения;  $\gamma$  – средний удельный вес.

Таким образом, анализ литературных источников показал [1-4], что при рассмотрении сдвижений в горном массиве авторами предлагаются различные теоретические представления об этих деформациях и формировании газопроводящих трещин, развитии напряжений в горном массиве, но не учитываются геологические условия образования объектов исследования и не рассматривается их связь с протеканием процесса сдвижения.

В качестве примера учета геологических условий рассмотрим результаты исследований, проведенных на шахте им. А.Ф. Засядько. Для западной части шахты была построена карта локальных структур для песчаника  $m_4Sm_4^1$ , который является ближайшим газоносным коллектором к пласту  $m_3$  (рис. 2). На данном участке были пробурены дегазационные скважины для повышения эффективности дегазации добычного участка [5].

Результаты наблюдений за газовыделением из дегазационных скважин были использованы для расчетов развития деформаций в горном массиве с учетом геологии. Следует отметить, что данные исследования проводились для глубины 1200 м и средней скорости подвигания очистного забоя 3,5 м/сутки.

Из людского ходка уклона №7 в направлении пород кровли 16-той западной лавы пробурено 6 дегазационных экспериментальных скважин. Для наших исследований наиболее корректными являются три дегазационные скважины 2Э, 4Э, 5Э, параметры которых сведены в таблицу 1.

Первый этап работ заключался в расчете расстояния от забоя скважины до отрабатываемого угольного пласта  $m_3$  по нормали. Применяя известные формулы общей геометрии, были выполнены расчеты, которые составили для

скважин 2Э, 4Э, 5Э соответственно 138, 115.8, 123 метра.

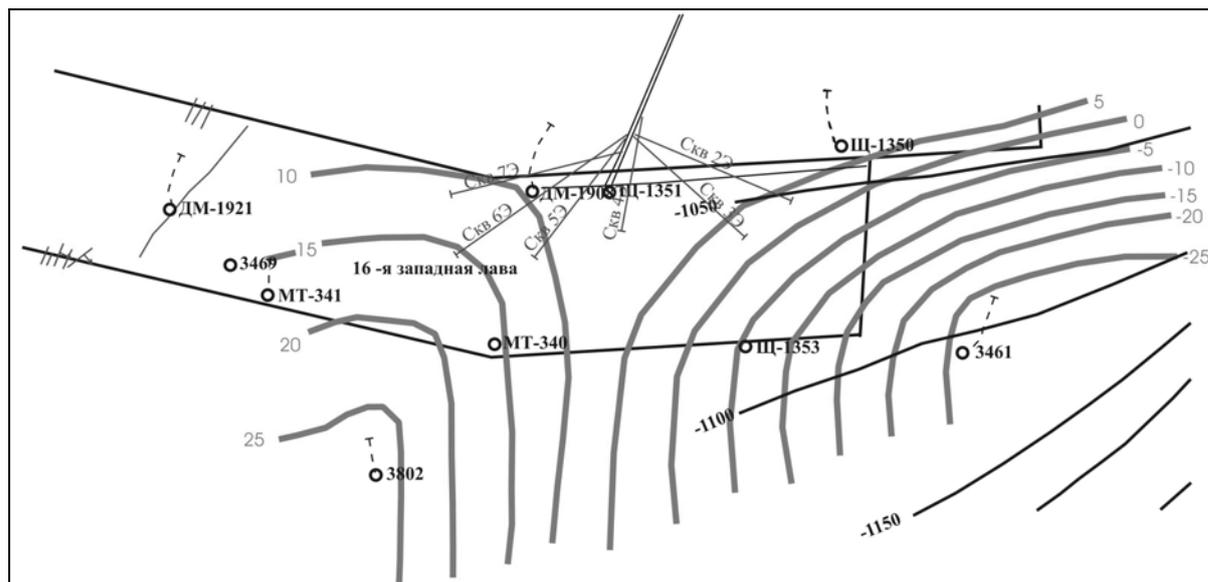


Рис. 2 – Расположение дегазационных скважин на поле горных работ

На втором этапе было прослежено изменение газовыделения из скважин для определения времени влияния на процессы деформаций. Было проанализировано время бурения скважины, расстояние забоя лавы до забоя скважины и сформулировано предположение, что максимальное выделение газа (дебит скважины) соответствовало достижению деформаций забоя скважины. Анализ показал, что в районе скважин 2Э, 4Э, 5Э продолжительность деформаций во времени соответственно составили 28, 31, 37 суток.

Таблица 1 – Параметры дегазационных скважин

| Скважина, дата сооружения, пикет устья | Длина скважины, м | Угол подъема скважины к горизонту, град |
|--|-------------------|---|
| 2Э/7.08/ПК141                          | 232               | 26                                      |
| 4Э/14.08/ПК 140                        | 204               | 24                                      |
| 5Э/27.08/ПК 140                        | 165               | 35                                      |

Третий этап заключался в расчете продолжительности развития деформаций за сутки. Произведя соответственные расчеты, получаем, для скважин 2Э, 4Э, 5Э они равны 4,9; 3,7; 3,32 м/сут. Сопоставляем полученные результаты с расположением изолиний локальных структур (рис. 3).

Приведенные данные хорошо иллюстрируют высокую качественную связь между данными параметрами. Из рис. 3 видно, что с увеличением значений локальной структуры процессы деформации замедляются.

В работе [6] исследователи отмечают, что в замковых частях складок наблюдается интенсивная трещиноватость и низкая прочность угольных пластов вследствие тектонического влияния на складки. В пределах этих зон прочность угля понижена в 2,6 раза в замках синклиналиальных складок и в 1,8

раза в антиклинальных складках.

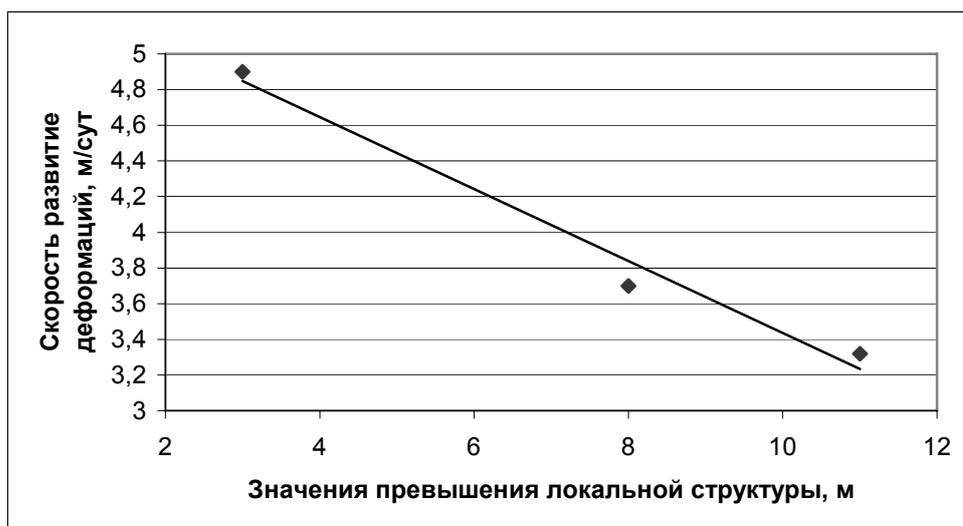


Рис. 3 – Связь между скоростью развития деформаций в горном массиве и величиной превышения локальных структур

По результатам наших исследований установлено, что развитие деформаций в скважине 2Э соответствует синклинали, а в 5Э – антиклинали, тогда отношение между этими значениями (3,32 : 4,9) составляет 0,67 раза, то есть, в синклиналиных складках скорость деформаций в 0,67 раза больше, чем в антиклиналиных. В приведенных выше литературных данных это отношение составляет 0,8 раза. Следовательно, анализ полученных результатов показал хорошую сопоставимость с результатами исследований, описанными в вышеуказанной работе, т.е. с большой долей вероятности можно предположить, что данные зоны (синклинали и антиклинали) влияют на скорость развития деформации в углеродном массиве при ведении горных работ, а значит и на газообильность выработок.

Таким образом, установлена обратная качественная связь между скоростью развития деформаций и значением превышений локальных структур, что в свою очередь может служить основанием для прогнозной оценки изменения газообильности горных выработок в сводовых частях антиклиналиных или синклиналиных складок. Для получения количественных результатов необходимы дополнительные исследования и проведение статистического анализа на разных горных объектах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.М. Петухов, А.М. Линьков. Механика горных ударов и выбросов. – М.: Недра, 1983. – 280 с.
2. Иофис М.А., Шмелев А.И. Инженерная геомеханика при подземных разработках – М.: Недра, 1985. – 248 с.
3. Четверик М.С., Андрощук Е.В. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля. – Днепропетровск.: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 148 с.
4. Работа Э.Н. Исследование напряженного состояния массива горных пород и определение границ зон, защищенных от горных ударов, при негоризонтальном залегании пластов. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Л., ВНИМИ, 1975.

5. Бокий Б.В., Гуня Д.П., Клец А.П., Тихонов А.А. Опережающая дегазация пород кровли высоконагруженных лав // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. – 2004. Вып. 52-53.

6. Егоров П.В. Долгополотова Т.И. Оценка влияния некоторых природных факторов на прочность угля // сб. «Физ.-мех. свойства пород и углей». Новосибирск, 1972. – С. 84-90.

**УДК [550.8.07/.08:681.518.54]:622.016**

В.Г. Перепелица, д-р. техн. наук,  
М.С. Зайцев, мл. науч. сотр.,  
ИГТМ НАН Украины

### **УСТРОЙСТВО И НАСТРОЙКА ВИДЕОДАТЧИКА КОМПЛЕКСА ВИЗУАЛЬНОГО ВНУТРИСКВАЖИННОГО КОНТРОЛЯ (ВВК)**

У статті приведені конструктивні особливості та умови настройки відеодатчика обладнання для проведення візуального внутрішньосвердловинного контролю стану гірського масиву.

### **THE DEVICE AND TUNING OF VIDEOSENSOR OF COMPLEX OF THE VISUAL INSIDE CONDITION WALLS OF THE CONTROL**

In the articles resulted structural features and to the condition of tuning of videosensor of equipment for visual inside condition walls of states of rock mass.

Постоянно развивается область методов и оборудования неразрушающего контроля. В различных областях науки и техники применяются различные средства визуального контроля – эндоскопы. Но разработанные методики и оборудование не эффективны при исследовании внутренней поверхности скважин пробуренных из выработанного пространства шахт [1].

Исследования внутренней поверхности скважин, пробуренных из выработанного пространства, представляет особенный интерес для угледобывающей промышленности, где, как ни в одном другом роде хозяйственной деятельности, крайне важным является оперативность и достоверность получаемой информации о состоянии угленосного массива.

В этой связи, существует задача создания комплекса ВВК для проведения многоцелевого исследования в скважинах различного назначения – специально пробуренные, существующие дегазационные, измерительные, разгрузочные и т.п.

В основу работы комплекса ВВК положена идея получения, передачи, хранения и обработки видеoinформации (фотоинформации), позволяющая оценивать искомые параметры состояния горного массива. Приборная база основана на современных миниатюрных блоках, имеющих минимальные габариты высокие производительность и помехоустойчивость, низкое энергопотребление, влаго- и пылезащищенность [1-4].

Для обеспечения получения изображения внутренней поверхности полости применяются разные устройства, которые предусматривают использование эндоскопических устройств. До настоящего времени разработан ряд эндоскопических устройств. Известен неразрушающий эндоскоп [6], который приме-