

Л.И. Пимоненко, д-р геол. наук,  
В.И. Барановский, инж.,  
Ю.Н. Пилипенко, канд. техн. наук  
(ИГТМ НАН Украины)  
А.В. Ткаченко, инж. (ш. им. А.Ф. Засядько)

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА ЛОКАЛИЗАЦИЮ МАЛОАМПЛИТУДНЫХ РАЗРЫВОВ В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ**

Приведені результати дослідження дисперсного та петрографічного складу вугілля в зоні впливу малоамплітудного насуву на пласті  $l_1$  шахти ім. О.Ф. Засядька

## **INFLUENCE OF TERMS OF ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ON LOCALIZATION OF LITTLEPEAK BREAKS IN COAL BEDS**

Results over of research of dispersible and petrographic composition of coal are brought in the affected of littlepeak breaks zone on the layer  $l_1$  in mine by the name of A.F. Zasiadko.

Малоамплитудные разрывные нарушения относятся к одному из основных геологических факторов, осложняющих горные работы. Слишком малые размеры не позволяют прогнозировать малоамплитудные разрывы на стадии геологоразведочных работ. Наиболее часто определение их местоположения базируется на изучении генезиса нарушенности исследуемого участка (или шахтного поля) и анализе условий деформации отдельных пластов, что позволяет на основании установленных закономерностей прогнозировать зоны (но не сами нарушения), в которых могут образоваться разрывы. Но так как размеры зон велики, то изучение условий образования нарушений с целью прогноза до настоящего времени актуально.

В настоящее время большинство исследователей пришли к следующим выводам: малоамплитудные разрывы образовались в постинверсионное время и наиболее вероятно, что появление их происходит на участках угольного пласта, отличающихся неоднородной структурой, образовавшейся как во время накопления, так и преобразования органической массы. Угольный пласт представляет многокомпонентную систему, каждый из компонентов которой обладает своими физическими и химическими свойствами [1]:

- липтиниты – представляют собой оболочки спор (споринит), наружный слой листьев или кутикул (кутинит); резинит образуется из смол - содержание атомов углерода 53,0 – 62,0 %, наиболее богаты алифатическими структурными элементами, имеют наиболее длинные алифатические цепи; характеризуются наименьшей плотностью (1,18 г/см<sup>3</sup>) и микротвердостью;

- фюзиниты – объединяются по условиям консервации; предположительно образуются во время пожаров или, по мнению большинства исследователей, в процессе своеобразных окислительно-восстановительных реакций в условиях близких к поверхности, обладают высокой твердостью и плотностью (1,5 г/см<sup>3</sup>), наиболее обогащены конденсированной ароматикой;

- витриниты – объединяются по характеру исходного материала; образуется из стволов, корней и листьев деревьев (телинит), гумусового геля (коллинит),

обрывков растений и частичек гумусового торфа (витродетрит, отличаются высоким содержанием гигроскопической влаги (10 – 12%), плотность - 1,27 г/см<sup>3</sup>).

Петрографические литотипы – витрен, кларен, дюрен, фюзен, как комбинация вышеприведенных микрокомпонентов, в объеме угольного пласта размещены неравномерно (рис. 1).

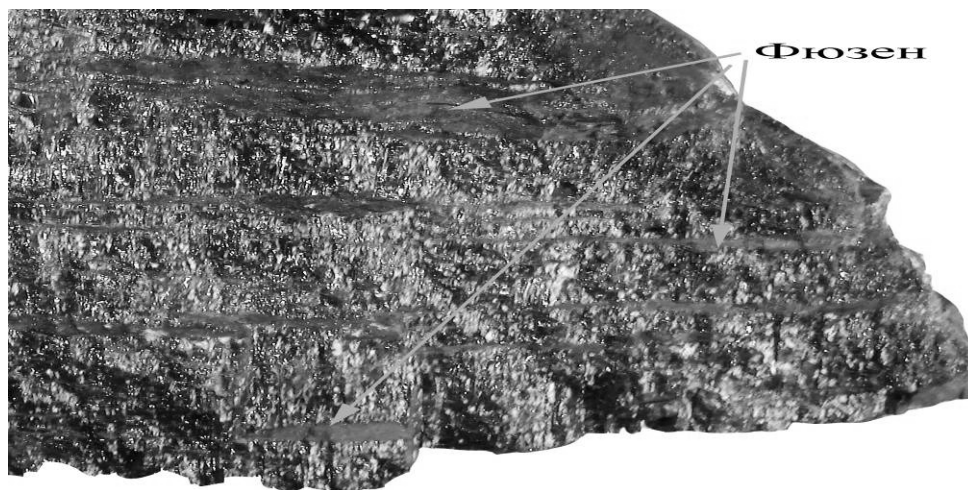


Рис. 1 – Линзы фюзена в разрезе угольного пласта

Подобные линзы и прослойки могут достигать размеров в несколько метров. Образование литотипов угля предопределено морфологией среды накопления – на возвышенных частях болота растительный материал в течении продолжительного времени подвергался воздействию кислорода (вероятны так же лесные пожары), в результате которого и образовался фюзен.

При незначительном содержании фюзинита в углях Донбасса его неравномерное распределение в объеме пласта создает неоднородность, влияющую на прочностные свойства пласта и определяющую особенности его деформации при воздействии тектонических сил, т.е. локализация малоамплитудного нарушения предопределена неоднородностью петрографического состава. С целью проверки этой гипотезы было проведено изучение петрографического состава углей вблизи малоамплитудного нарушения на пласте I<sub>1</sub> шахты им. А.Ф. Засядько.

Работы проводились на видеооптическом комплексе (МБИ - 11, НВ 200, ПК) по методике [2].

Шахта им. А.Ф. Засядько расположена в центральной части Донецко-Макеевского района Донбасса. На западе и востоке поля расположены соответственно Ветковская и Чайкинская флексуры (азимут простираня осевых линий - 40°). Простирание пластов близко к субширотному (азимут простираня 85 - 105°). Общее, близкое к моноклиналильному, залегание пород по простираню и падению толщи осложнено пологими перегибами и локальными складками различных порядков субширотного и диагонального простираний.

На пласте I<sub>1</sub> (10-й западный коренной штрек) между пикетами 50 – 60 отобрано восемь проб угля через четыре метра: 4 - при подходе к надвигу (0,28м), 4 – за нарушением (рис. 2).

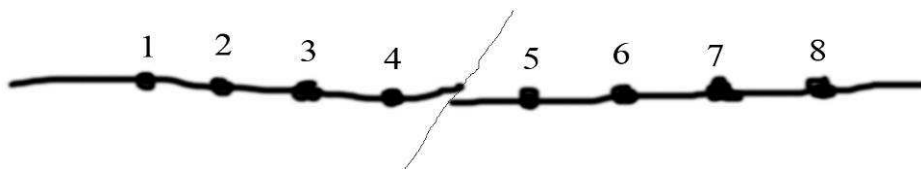


Рис. 2 – Схема отбора проб

Результаты исследования петрографического состава углей приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Изменение петрографического состава в зоне надвига

Номера проб		1	2	3	4	5	6	7	8
Петрографический состав, %	витринит	82	75	64	58	83	83	87	67
	инертинит	8	17	31	36	12	11	9	30
	липтинит	10	7	5	6	5	6	4	3

Отмечено увеличение содержания микрокомпонентов группы инертинита (фюзинита) с 8 до 36 % в висячем крыле пласта. Такой петрографический состав не характерен, как для данного пласта, так и для других угольных пластов Донбасса, что свидетельствует о локальных отклонениях в условиях накопления на этом участке.

Содержание инертинита 30% в пробе 8 позволяет предположить, что и в этом месте могло возникнуть нарушение, но напряжение разрядилось между пробами 4 и 5, где наблюдается перепад в однородности состава угольного пласта.

К сожалению, прогнозировать наличие линз и пропластков фюзена в объеме угольного пласта не представляется возможным и можно только постфактум объяснить локализацию нарушения именно в этом месте.

Само же наличие разрыва сплошности пласта является результатом воздействия внешних сил, зародившихся на значительном расстоянии от него. Напряжения от источника зарождения этих сил проходят по пласту волнообразно, что отмечалось рядом авторов и нами в работах [3,4], и в зависимости от физико-механических свойств отдельных составляющих среды (мацерального состава), преломляются, отражаются, искажаются, создавая локальные условия в каждой частице пласта. На рисунке 3 отмечен результат волнообразного преобразования угольного вещества на границе нарушения (трещины).

Происходят ли какие либо изменения в структуре угля там, где волна напряжения прошла, но не разрядилась в виде разрывного нарушения?

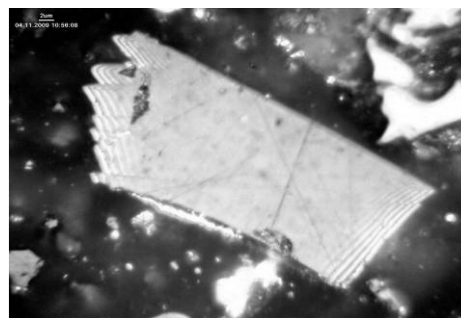
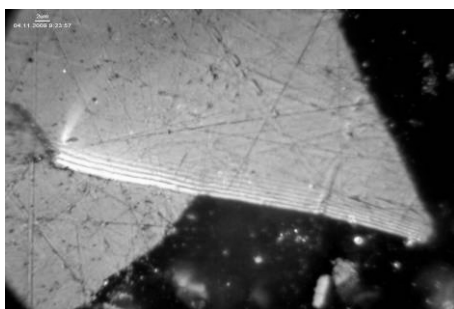


Рис. 3 – Отпечатки волнообразных тектонических напряжений в отдельных частицах угля

Для ответа на этот вопрос рассмотрим особенности разрушения угля в точках отбора проб. Для изучения дисперсного состава проб применялись следующие показатели: площадь; периметр; диаметр Ферета (расстояние между двумя касательными на противоположных сторонах частицы, перпендикулярными направлению, в котором рассматривается частица) и показатель формы частиц *circularity*<sup>1</sup>.

Проанализировать информативность этих показателей для характеристики дисперсного состава угольных проб позволяет метод цифровой обработки микрофотографий препаратов различной степени измельченности. Суть его заключается в следующем

- угольная проба подготавливается к исследованиям по ГОСТ 9414.2-93;
- при помощи видеооптического комплекса с поверхности аншлиф-брикета делается микрофотография приготовленной пробы

Затем, при помощи программы Image J (Wayne Rasbend, National Institutes of Health, USA), микрофотографии переводятся в бинарный режим (рис. 4) и автоматически рассчитываются показатели дисперсного состава и формы частиц (табл. 2).

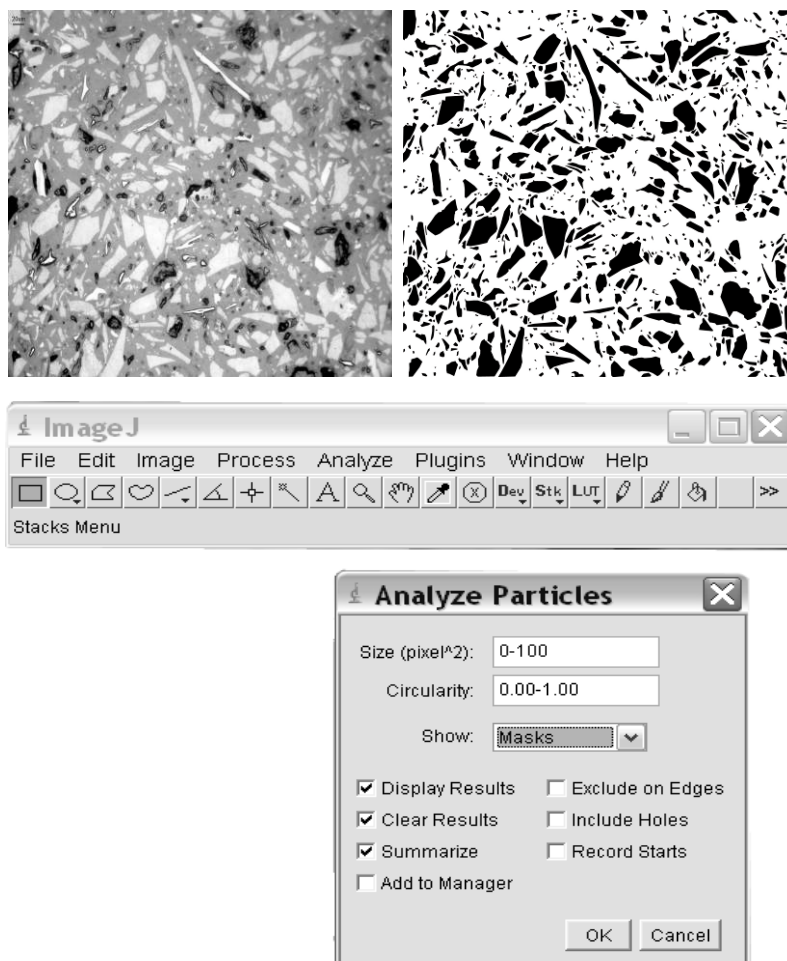


Рис. 4 – Компьютерная обработка микрофотографий угольных препаратов

<sup>1</sup> Чем меньше его значения, тем форма частицы больше отличается от правильной формы круга и тем больше ее активная поверхность.

Судя по показателю circularity форма микрочастиц углей отобранных проб примерно одинакова. По периметру и диаметру размеры микрочастиц отличаются. В целом изменения этих параметров подобны: максимальные значения в точках 2 и 7, минимальные - 5 и 8 (чем эти величины больше, тем уголь менее нарушен).

Таблица 2 – Показатели дисперсного состава и формы микрочастиц угля

Номера точек	1	2	3	4	5	6	7	8
circularity	0,645	0,639	0,646	0,564	0,646	0,623	0,595	0,638
Area, мкм <sup>2</sup>	987	2063	3628	1428	1500	1342	3826	1090
Perimetr, мкм	93,4	128,7	116,4	96,4	85	92,8	137	79,5
Диаметр Feret, мкм	36,2	49,3	44,9	37,7	32,8	35,7	52,1	30,8
D - фрактальная размерность	1,678	1,814	1,812	1,733	1,786	1,731	1,837	1,720
Количество частиц менее 10 мкм, %	46,5	50	60,8	53,6	57,1	56,3	41,9	61,3

Наиболее значимые изменения связаны с площадью и количеством микрочастиц. Чем больше нарушен уголь, тем большее количество микрочастиц менее 10 мкм – наиболее нарушен уголь в 1, 5 и 8 пробах, но при этом большее количество микрочастиц менее 10 мкм в пробах 3 и 8. Чем больше частиц менее 10 мкм тем меньше их площадь (пробы 1, 8). Величина фрактальной размерности также характеризует степень нарушенности [5], чем меньше ее D, тем больше уголь нарушен. Таким образом, величины показателей взаимосвязаны и в комплексе характеризуют степень нарушенности проб. По результатам анализа показателей дисперсного состава и фрактальной размерности наиболее нарушен уголь в пробах 1 и 8, наименее – 2 и 7.

Однако средняя величина  $D = 1,764$  меньше, чем ненарушенных углей ( $D \geq 1,820 - 1,879$  [6]). Это позволяет предположить большую нарушенность всего участка, где отбирались пробы, что подтверждается сложностью строения всего пласта I<sub>1</sub>. Так на карте локальных структур первого порядка участок находится на юго-западном крыле антиклинальной диагональной складки; третьего порядка – между осями субширотных антиклинали и синклинали. На рис. 5 приведена выкопировка из плана горных работ, судя по приведенным данным, участок отбора осложнен мелкими диагональными асимметричными складками четвертого порядка. Необходимо отметить, что разрыв не связан с осями складок.

Под действием разнонаправленных тектонических сил при одном и том же уровне напряжений более прочные мацералы (фюзиниты) держат нагрузку и способствуют разрушению менее прочных (липтиниты, витриниты). Поэтому в тех пробах, где фюзинита больше, количество микрочастиц менее 10 мкм больше (пробы 3,4,8). В результате многократного повторения на тех участках, где уголь относительно крепок (как предположим в точках 2 или 7, где площадь микрочастиц больше), возникающих напряжений может быть недостаточно для его разрушения и разрыва пласта не происходит.

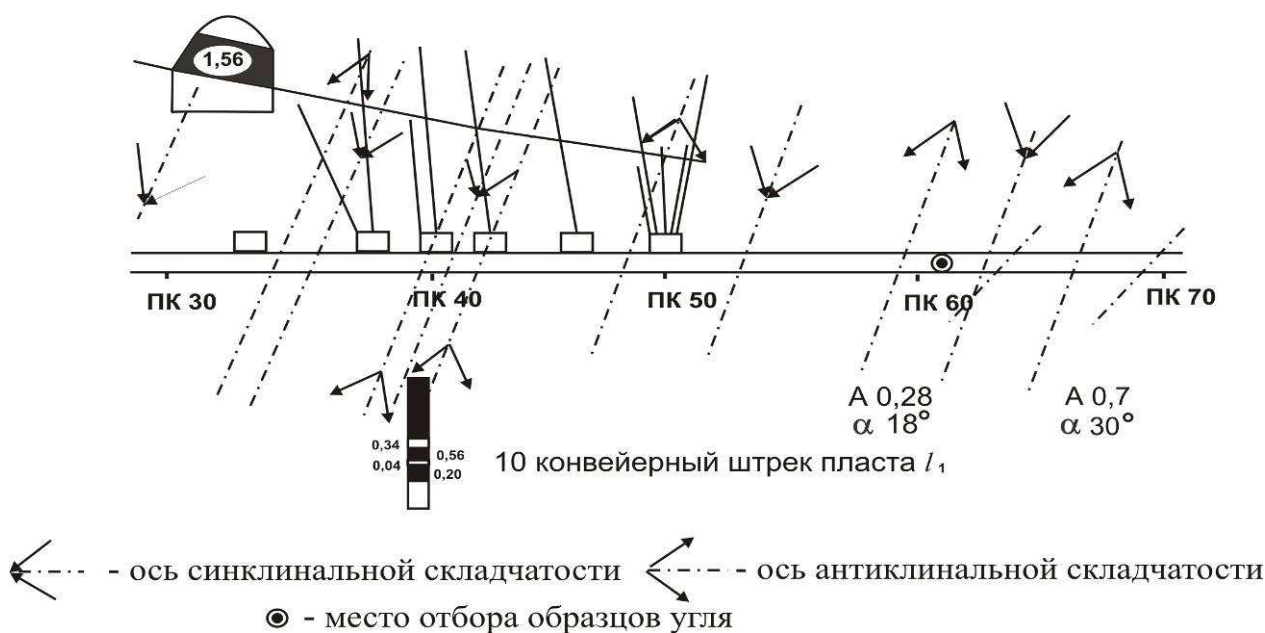


Рис. 5 – Выкопировка из плана горных работ по пласту  $l_1$  шахты им. А.Ф. Засядько

Если же уголь сильно разрушен (как в точках 3 или 8), то увеличивается накопление внутриобъемных напряжений, которое способствует росту микродефектов и микроразрывов (отражается в увеличении количества частиц менее 10 мкм). Можно предположить, что на определенном этапе происходит совпадение максимума напряжений и степени нарушенности микроструктуры угля, которое и приводит к образованию разрыва. Поэтому очевидно, что предсказать местоположение разрывов практически невозможно, но участки, которые характеризуются неоднородным мацеральным составом и наиболее предрасположены к их проявлению, можно выделить.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаточкин, В. И. Строение и свойства природных углей / В. И. Касаточкин, Н. К. Ларина. – М.: Недра, 1975. – 160 с.
2. ГОСТ 9414.2 – 93 (ИСО 7404 – 85). Уголь каменный и антрацит. Методы петрографического анализа. Метод подготовки образцов. – Минск: Межгос. совет по стандарт., метролог. и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 1995. – 10 с.
3. Плотников Л.М. Об отражениях в геологических объектах волновой природы механических напряжений / Л. М. Плотников, А. И. Петров // Давления и мех. напряж. в развитии состава, структуры и рельефа литосферы: Материалы к совещанию. – Л: Наука, 1969. – С.45 – 50.
4. Определение параметров геологических и горно-технических факторов благоприятных для формирования техногенных залежей метана: отчет о НИР/ ИГТМ НАН Украины, рук. докт. геол.- мин. наук В.В. Лукинов. – Днепропетровск, 2009. – 145с. – 0107U001271. Инв. № 6936.
5. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы / М. Шредер – Ижевск: Удмуртский у-т, 2000. – 524с.
6. Лукинов В.В. Фрактальность микроструктуры угля / В.В. Лукинов, В.И. Барановский, Л.И. Пимоненко, Л.Д. Кузнецова // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. № 88. – С. 15 – 23.