

пути их совершенствования / В.Ф. Приходченко. – АН УССР, инст-т геотехн. механики. – Днепропетровск, 1990. – 30 с. – Деп. во ВНИТИ 24.05.90, № 2856-В90.

5. Пимоненко Л.И. О прогнозе зон малоамплитудных разрывных нарушений в различных районах Донбасса / Л.И.Пимоненко, Н.В.Сахневич, О.Д. Стасенко // Тезисы докладов 8 Всесоюзного угольного совещания. – Ростов-на-Дону. – 1986. – С. 321 – 323.

6. 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.

7. Плотников Л.М. Об отражениях в геологических объектах волновой природы механических напряжений / Л. М. Плотников, А. И. Петров // Давления и механические напряжения в развитии состава, структуры и рельефа литосферы: Материалы к совещанию. – Л: Наука, 1969. – С.45 – 50.

8. Шабельников С.И. Цикличность распределения малоамплитудных разрывных нарушений угольных пластов / С.И. Шабельников, Л.Е. Подлипенская, В.Е. Лисица // Уголь Украины. – 2012. – №1. – С. 39–43.

9. Шабельников С.И. Комплексный метод прогноза малоамплитудных разрывов угольных пластов / С.И. Шабельников // Уголь Украины. – 2012. – № 5.– С. 36 – 40.

10. Гончаренко В. О. Геолого-геофізичні принципи прогнозу малоамплітудної тектоніки шахтних полів у різних районах Донбасу / В.О. Гончаренко, Л. І. Пимоненко, Н. В. Сахневич [та ін.] // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1993. – № 6 – С. 15– 18.

УДК 552.57

ПРИРОДА ФОРМИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ В УГЛЯХ

*А.С. Поляшов, Национальный горный университет, Украина
В.И. Барановский, НАН Украины, ИГТМ им. Н.С. Полякова, Украина*

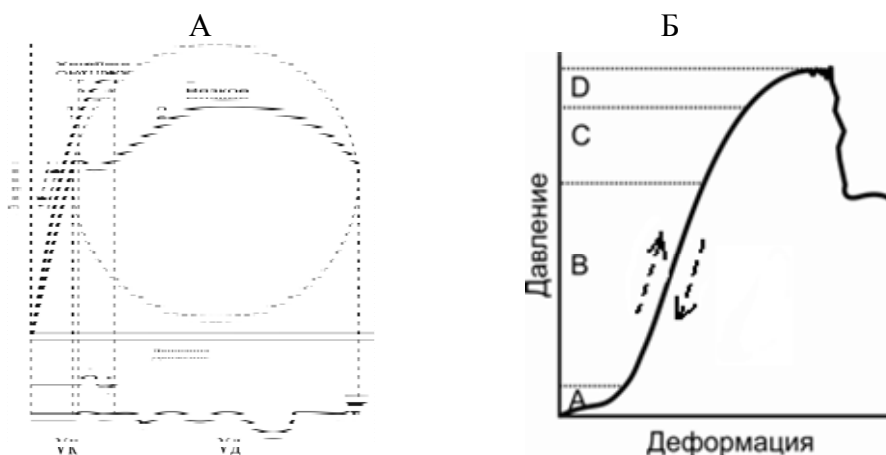
Уголь является особым высокодефектным объектом, микро- и макроскопический вид поверхностей разрушения которого представляет большой теоретический и практический интерес, как носителей разнообразных форм проявления деформирования. Следы деформирования, присутствующие в углях, являются исходным материалом для создания атласа фрактограмм, востребованным, например, при подготовке специалистов по материаловедению. Работа посвящена развитию формального подхода классификации дефектов углей на основе базовых геометрических образов: точка, линия, плоская фигура.

Разработка генетических классификаций дефектов углей сдерживается отсутствием разработки связей с механическими и физико-химическими процессами, не позволяющими обеспечить масштабную инвариантность и вовлечение в анализ следов перемещения в углях подвижных фаз. Следы деформирования (различного рода дефекты) наблюдаются на микро-, мезо- и макроуровнях. Деформации развиваются одновременно на всех взаимосвязанных масштабных уровнях. Это затрудняет переход от дислокационного к макроскопическому описанию процессов деформирования. К тому же каждый масштабный уровень характеризуется своими механизмами и закономерностями деформации. Для введения и обоснования количественных характеристик микро-, мезо- и макроскопических параметров деформации необходим скрупулезный анализ экспериментальных исследований локализации дефектов в углях. Дефекты, происхождение которых можно объяснить механическими и физическими причинами, необходимо классифицировать. В основу классификации дефектов могут быть положены геометрические образы, как модели, отображаемые в аналитическом виде. Геометрические образы следов дефектообразования в углях визуально наблюдаемы на поверх-

ностях отрыва (поверхностях отдельности) угля, визуализируемы с помощью оптической и электронной микроскопии, отображаемы в виде физических сигналов экспериментальными методами структурной физики конденсированных сред. Такой подход изучения дефектов (трещин и пор) был изложен в работе /1/.

В настоящей работе рассмотрены возможные механизмы и закономерности деформации углей, следующие из анализа кривых деформирования материалов и горных пород в координатах энергия – движение. При изменении внешних термодинамических параметров деформационные процессы сводятся к движению элементов каркаса объекта без разрыва связей (упругое деформирование), к движению дефектов, способных разрывать эти связи (пластическое деформирование) и к движению обособившихся частиц - перетирание. Классический вид кривых деформирования хрупких и пластичных материалов под воздействием растягивающих и сжимающих нагрузок показан на (Рис. 1).

На кривых рис. 1 пунктирными стрелками обозначен диапазон упругих деформаций. Упругое деформирование при растяжении развивается из начала координат, при сжатии – с момента завершения процесса уплотнения (участок В кривой рис. 1 Б). Это принципиальное отличие кривых имеет большое значение при формировании угольных пластов. Если в интервале кривой, соответствующей участку упругого деформирования, энергия способна передаваться колебаниями, то на других участках кривой деформирования энергия расходуется на образование и движение дефектов, их видоизменение, разрушение и движение обособившихся частиц, кусков, блоков относительно друг друга. При этом дефектообразование развивается «изнутри – наружу» в направлении от микроуровня к макроуровню /3/.



а) – Кривые при растяжении хрупко (кривая 1) и пластично (кривая 2) деформируемых материалов.

б) – Типичная кривая деформирования при сжатии образцов горных пород /2/.

Рис. 1 – Кривые деформирования под воздействием растягивающих (А) и сжимающих (Б) нагрузок материалов и горных пород.

На кривых рис.1 пунктирными стрелками обозначен диапазон упругих деформаций. Упругое деформирование при растяжении развивается из начала координат, при сжатии – с момента завершения процесса уплотнения (участок В кривой рис. 1 Б). Это принципиальное отличие кривых имеет большое значение при формировании угольных пластов. Если в интервале кривой, соответствующей участку упругого деформирования, энергия способна передаваться колебаниями, то на других участках кривой деформирования энергия расходуется на образование и движение дефектов, их видоизменение, разрушение и движение обособив-

шихся частиц, кусков, блоков относительно друг друга. При этом дефектообразование развивается «изнутри – наружу» в направлении от микроуровня к макроуровню /3/.

Участок А кривой деформирования (Рис.1 Б) соответствует природному процессу - погружению угля на глубину. Под влиянием сжимающих усилий полости закрываются, исходная плотность увеличивается до значений, соответствующих глубине погружения. Для геологического тела – пласта торфа (влажность 80%) уплотнение вещества может осуществляться путем отжима избытка воды в зоны разгрузки, к земной поверхности. Вода может перемещаться в коллектора по наслоению и перпендикулярно наслоению по развитой сети трещинных каналов. Такие трещины формируют блочность и масштабоподобность среды (Рис. 2).



Рис. 2 –Типичный вид полостной структуры, формирующейся при погружении угольных пластов.

Погружение слоев с угольными пластами на глубину происходило со скоростью, как правило, превышающей скорость изменения положения изотермических поверхностей. Модель баротермической обстановки угольного пласта показана схематично на рис. 3

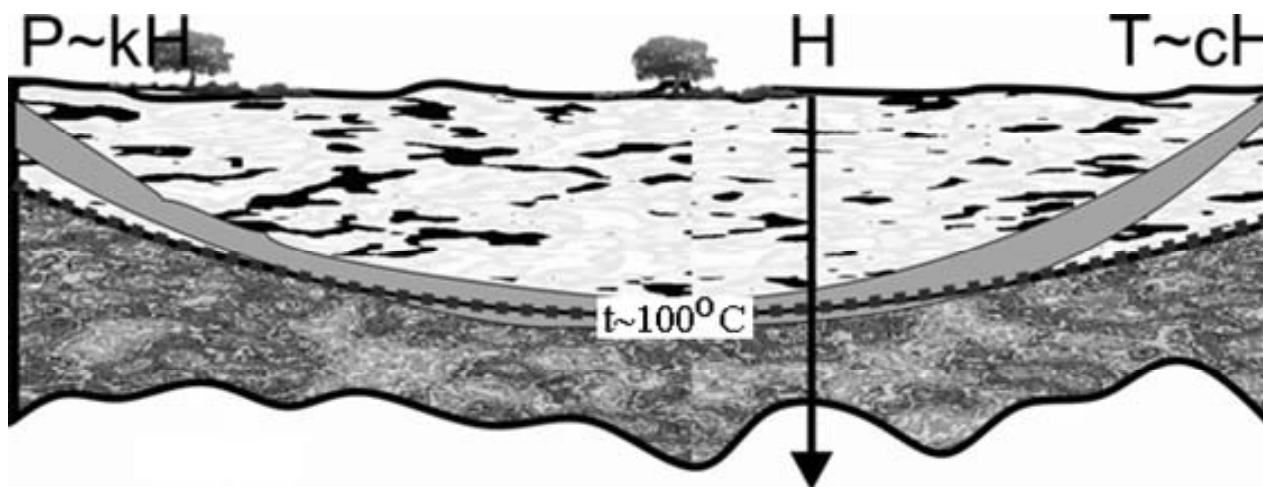


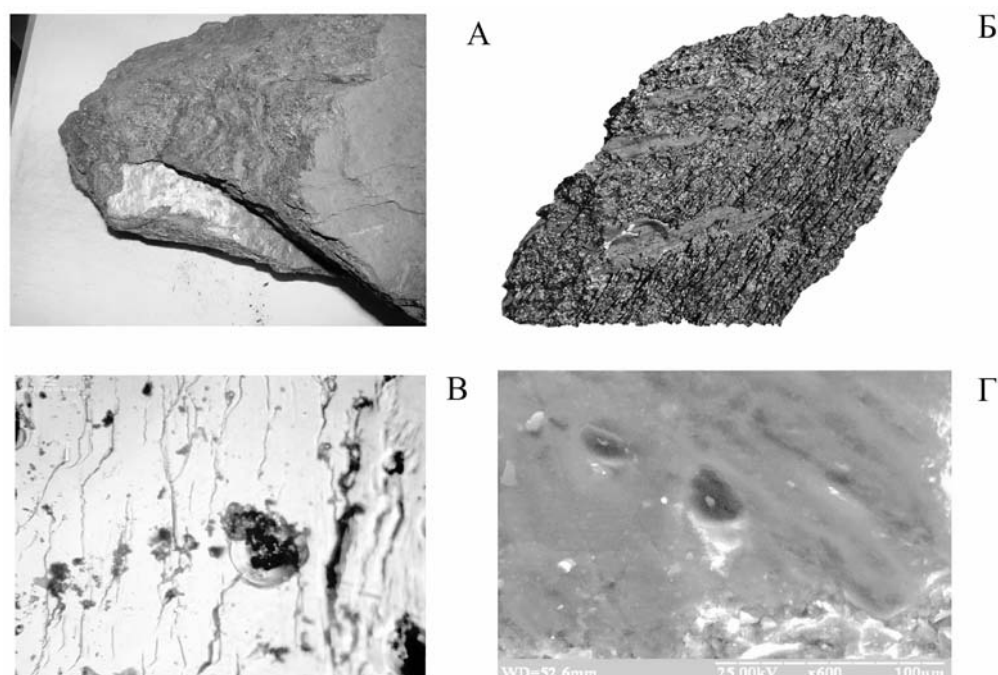
Рис. 3 – Схема, поясняющая распределение нагрузок (давления и тепла) на пласт при погружении его на глубину.

Для условий Донецкого бассейна скорость погружения угольных пластов существенно превышала скорость восстановления теплового поля. В результате изотермические и геологические поверхности пересекались, предопределяя качественное разнообразие углей в одном и том же пласте /4/. Для наглядности в таблице 1 приведен характер изменения баротермической обстановки с изменением глубины залегания угольного пласта на современном этапе геологического развития.

Баротермическая обстановка в угольном пласту при изменении глубины его залегания

Глубина, Н, км	Давление, РН, атм $RH = R_{атм.} + \delta \cdot H$; при $\delta = 2,5 \text{ т/м}^3$	Температура, ТН, °С $TN = Th + \Gamma \cdot (H - h)$; при $Th = 18^\circ\text{C}$	Угли марок
1	251	48	Б
2	502	78	Б, Д
3	753	108	Г, Ж
4	1004	138	Ж, К
5	1255	168	К, ОС
6	1505	198	Т, ПА
7	1757	228	ПА

Нагрев угольного пласта в сравнении с ростом механической нагрузки при изменении глубины залегания сопровождался более значительными изменениями его свойств [4,5]. Естественно, что изотермические поверхности, отвечающие температурам парообразования, при пересечении угольного пласта создавали благоприятные условия для флюидомиграции, следы которой отчетливо фиксируются как невооруженным глазом, так и методами оптической и электронной микроскопии на поверхностях естественных сколов углей (Рис.4)



- а) – Флюид, застывший в виде тончайшей (несколько микрон) пленки на межслоевой поверхности угольного пласта;
- б) – Флюид, застывший в отрицательных формах волнообразно гафрированной межслоевой поверхности угольного пласта ;
- в) – Выброс давлением газа твердой составляющей флюидосодержащего «пузырька», оптический микроскоп, увеличение 600^{\times} ;
- г) – Разрыв оболочки флюидосодержащего «пузырька», электронный микроскоп, увеличение 600^{\times} ;

Рис. 4 – Следы флюидизации в углях

После достижения максимальной глубины погружения дальнейшее геологическое развитие угольных пластов протекало в условиях их подъема (инверсионного движения). При этом вновь скорость перемещения изотермических поверхностей отличалась от скорости перемещения геологических поверхностей (кровля, почва) в меньшую сторону. В этих условиях (сброс давления при относительно высокой температуре) в угольных пластах создавались благоприятные условия для разуплотнения, дегазации и конденсации высокомолекулярных органических соединений - трещины раскрытия, локальные источники газообразования и конденсации высокомолекулярных образований (Рис.5).

Исследование следов флюидомиграции дает возможность установления направления и скорости перемещения (закладываются основы флюидодинамики). Из изложенного следует вывод, что процессы, приводящие к изменению плотности углей, нельзя сводить только к известной зависимости изменения пористости от нагрузки.

Ранее по изменению площади контакта при протекании постоянного стабилизированного тока в условиях меняющейся нагрузки на образец угля среднего марочного состава было ориентировочно оценено и изменение пористости углей [5].



Рис. 5 – Дефекты разуплотнения

Вид изменения пористости при нагрузке и разгрузке выглядит, как показано на рис. 6. На основании анализа хода кривых можно прийти к выводу об исчезновении части полостей после завершения эксперимента. В действительности изменяется только зональная структура поверхностного слоя (на контакте уголь-электрод), а количество самих дефектов не уменьшается.

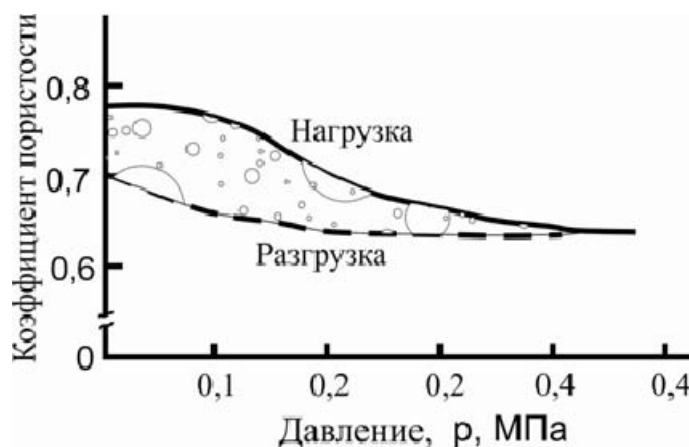


Рис. 6 – изменения пористости при нагрузке и разгрузке

За пределами области упругого деформирования (участки С, D на рис. 1 Б) развитие набирает пластическое деформирование угля. Мелкие трещины как бы погружены в области пластического деформирования (Рис. 7).

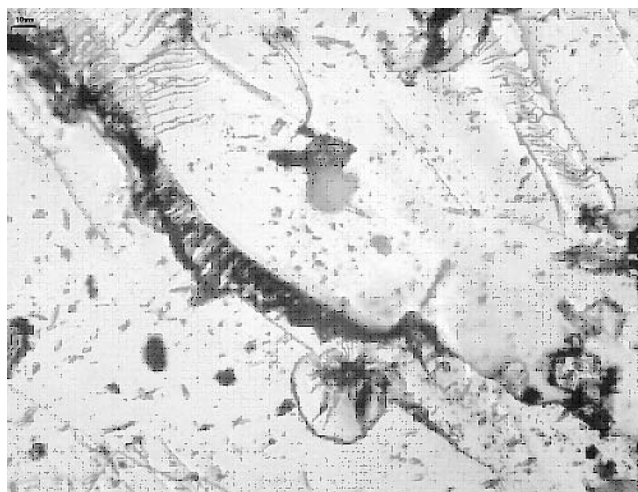


Рис. 7 – Дальнейшее развитие пластических деформаций

Около вершины растущей трещины некоторый объем угля всегда пластически деформирован. Деформированный объем зависит от скорости роста трещины: чем больше скорость роста трещины, тем тоньше деформированный слой и в меньшей степени он деформирован. Предельная (теоретически) скорость роста трещины оценивается величиной 24 км/с, скорость продольных волн (V_p) в осадочных породах - $0,3 \div 6,9$ км/с, скорость распространения трещин - величиной $0,38 \cdot V_p$. По мере роста сжимающих нагрузок скорость роста трещин растет, а окружающая их область пластического деформирования сужается (Рис. 8).

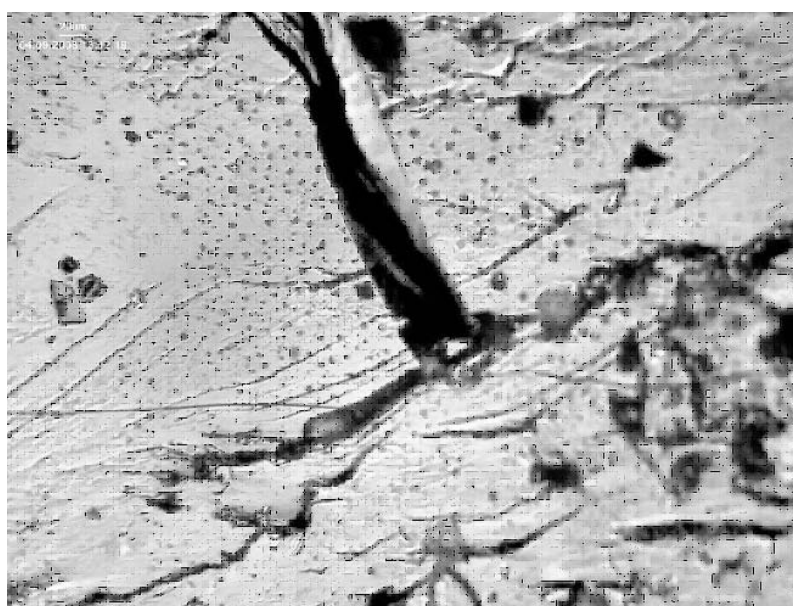


Рис. 8 – Развитие пластических деформаций по мере роста сжимающих нагрузок

При переходе в область запредельного деформирования начинают образовываться локальные дефекты вида, приведенного на рис. 9.

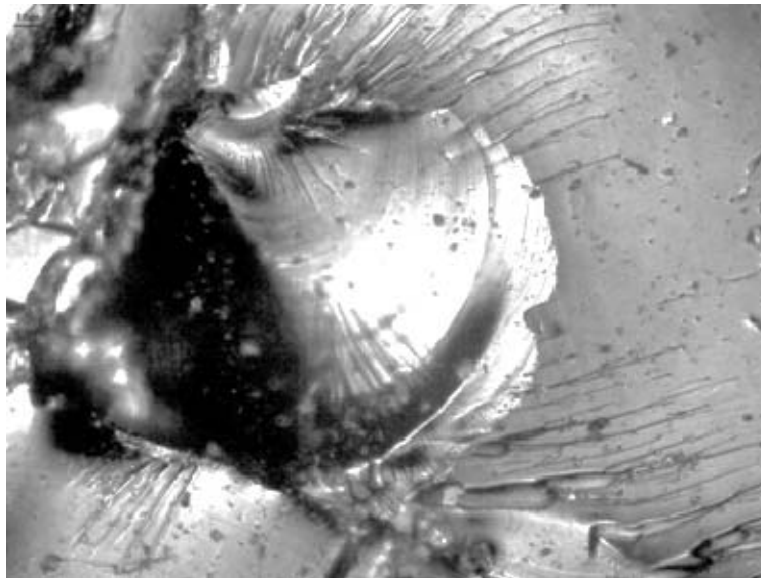


Рис. 9 – Переход пластических деформаций в хрупкие

В работе /6/ отмечено, что вопрос о необратимых структурно-механических преобразованиях под воздействием сжимающих усилий окончательно не решен даже теоретически. Поэтому перспективы дальнейших исследований связаны с созданием атласа дефектов углей, как исходного материала для теоретических построений моделей их развития.

Выводы

1. Обоснованы и выделены в углях следы деформирования, отнесенные к стадиям погружения угольных пластов и инверсионного движения (стационарные процессы развития сжатия и растяжения).
2. Переходные процессы в углях от пластического деформирования к его разрушению связаны с самопроизвольной локализацией и делокализацией дефектов, расслоением угля, механохимическими явлениями, эмиссией энергии в виде механических и физических форм излучений и другие.
3. На протяжении геологической жизни углей условия и причины возникновения в них дефектов многократно меняются.
4. Для использования показателей формы, количества, размеров фиксируемых в углях дефектов, как прогнозных, необходимо четко представлять их генетическую природу и вклад каждого дефекта в формирование предпосылок проявления газодинамических проявлений в шахтах.

Список литературы

1. Поляшов А.С., Барановский В.И. К вопросу геометрической классификации дефектов в углях//Материалы 3-ї конференції «Техногенні катастрофи: моделі, прогноз, запобігання». 22-24 травня 2013 – Дніпропетровськ: ДВНЗ НГУ, 2013. – С. 201 – 206.
2. Кирничанский Г.Т. Элементы теории деформирования и разрушения горных пород/Киев: Наук. думка, 1989. – 184с.
3. Коттрелл А.Х. Дислокации и пластическое течение в кристаллах. М.: Metallurgizdat, 1958. - 267 с.
4. Левенштейн М.Л., Голицын М.В., Пах Э.М., Иванов Н.В. Угленосные формации и их генезис. М.: Наука, 1973. - С. 105—112.
5. Соболев В.В., Поляшов А.С., Тарасенко В.Г. Изменение электрических характеристик углей под влиянием давления и температуры // Науковий вісник НГАУ. – 2008. – № 8. – С. 51–55.
6. Петров В.А., Звягинцев Л.И. и др. Изменение упругих и деформационных свойств пород в зависимости от длительности воздействия напряжения // Вестник МГУ. 1998. - Сер.4. Геол. - №6. - С.41-51.