

УДК 551.243:553.94 (477.62)

«ЭКЗОКЛИВАЖ» В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ ЗАПАДНОГО ЗАМЫКАНИЯ ГЛАВНОЙ АНТИКЛИНАЛИ ДОНБАССА (ОСОБЕННОСТИ И МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ)

Павлов И. О., Корчемагин В. А., Никитенко А. В.

(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Ткаченко В. В.

(ОАО АП «Шахта «Новодзержинская», г. Дзержинск, Украина)

У роботі розглянуто своєрідний тип тріщин у вугіллі - так звані тріщини із струменистими поверхнями або "екзокливаж". Встановлено, що ці тріщини утворилися в процесі складкоформування, за умов "твердо-в'язкої" течії матеріалу вугільного пласта.

In the article the special kind of cracks in coal so-called cracks with "stretched" surfaces or "exocleavage" is considered. It is revealed these cracks were formed during fold-forming period with solid-ductile flow of coal layer matter.

Ископаемые угли, как и другие горные породы, обычно в той или иной степени разбиты трещинами различного генезиса и ориентировки. Трещины оказывают большое влияние на процессы, происходящие в горном массиве, служат путями миграции воды и газов угленосной толщи. Характер трещиноватости, её ориентировку и интенсивность необходимо учитывать и при разработке угольных месторождений, т.к. она существенно влияет на скорость подвигания очистных и подготовительных горных выработок, на безопасность горных работ.

Одна из первых генетических классификаций трещин в каменных углях была предложена Г. А. Ивановым (1939, [1]). Все трещины в углях он разделил на две основные группы – экзоген-

ные и эндогенные, дал им подробную характеристику и рассмотрел условия их образования. Тогда же им для обозначения явления образования всех этих трещин был предложен уже существующий термин «кливаж», хотя морфологически эти образования мало напоминают классические трещины кливажа. Основными геологическими факторами, вызывающими образование трещин «эндокливажа» (первичного кливажа) Г. А. Иванов считал диагенез и метаморфизм пород угленосной толщи, т.е., процессы, происходящие внутри самого осадка, а трещин «экзокливажа» - тектонические процессы. Аналогичных взглядов придерживались в последующем и все остальные исследователи [1-3]. «Определяющим фактором в развитии экзогенных трещин является тектоника» (Аммосов И. И. [1], с. 16). Некоторые разногласия касались лишь механизмов образования различных систем трещин в углях и правомерности употребления самого термина «кливаж».

Трещины первичной отдельности или «эндокливажа» являются самым многочисленным и распространённым видом трещинно-разрывных структур в породах любой терригенной толщи, создавая региональный фон трещиноватости. В угленосной толще они с разной интенсивностью развиты как в углях, так и во вмещающих породах. Их генезис связывают с процессами литификации и последующего метаморфизма первичных осадков. Главную роль при этом играли дегидратация осадка и гидроразрыв образующихся пород [4]. В морфологическом отношении – это прямолинейные слабо приоткрытые трещины, рассекающие слои и отдельные пачки пород с ровными, гладкими стенками, без следов тектонических перемещений. Характерной особенностью является то, что они практически всегда ортогональны плоскостям напластования (отсюда ещё одно название – нормальноразрывные).

Значительно меньше определенности с «экзокливажем». Под этим термином разными исследователями подразумеваются различные по морфологии и генезису трещины. При этом часто под «экзокливажем» угляй понимается вся совокупность трещин, которые образовались в результате эндогенных процессов – это и обычные тектонические, и весьма своеобразные, т.н. трещины

«со струйчатими поверхностями». Последние одни из исследователей (Эз В. В., Аммосов Н. И., Еремин И. В.) считали разновидностью тектонических сколов, образованных в результате действия максимальных касательных напряжений, другие (Йейте Е. С.) выделяли их в самостоятельный класс, т.к. они отличаются как от первичных («эндокливажа»), так и от типичных тектонических трещин. Механизм их образования остаётся дискуссионным до сих пор.

Трещины «экзокливажа» в отличие от широко распространенных первичных трещин («эндокливажа»), а также тектонических трещин, которые пересекают как угольные пласты, так и вмещающие их породы, наблюдаются в основном в углях, где они могут образовывать несколько систем. Обычно подобные трещины фиксируются лишь в углях средних стадий метаморфизма определенного петрографического состава. Они распространены в пластах сложенных преимущественно гелефицированными компонентами – клареном и витреном. В углях содержащих значительное количество фюзена, дюрена и близких к ним по содержанию окисленной органической массы компонентов – эти трещины отсутствуют. Подобная избирательность обусловлена, скорее всего, физико-механическими свойствами углей различных марок и петрографического состава: прочностные свойства (микротвёрдость, крепость) гелефицированных компонентов и, в целом, углей средних стадий метаморфизма в 1,5-2 раза ниже, чем у углей остальных марок и типов.

В морфологическом отношении трещины со струйчатыми поверхностями похожи на обычные сколовые трещины: имеют сравнительно ровные поверхности, на которых отчётливо видны морфологические элементы («струйчатость») – характерные тонкие штрихи, бороздки и валики, часто сходящиеся под острым углом (угол может колебаться от 5 до 20°) (рис. 1).

Вследствие густой штриховки, поверхности трещин никогда не бывают идеально гладкими и блестящими. Перетёртого угля вдоль них не отмечается, впрочем, как и каких-либо заметных смещений элементов угольных пластов. Авторами в своё время выполнялись исследования с замерами трещин этого типа в пределах западного замыкания Главной антиклинали Донбасса. В

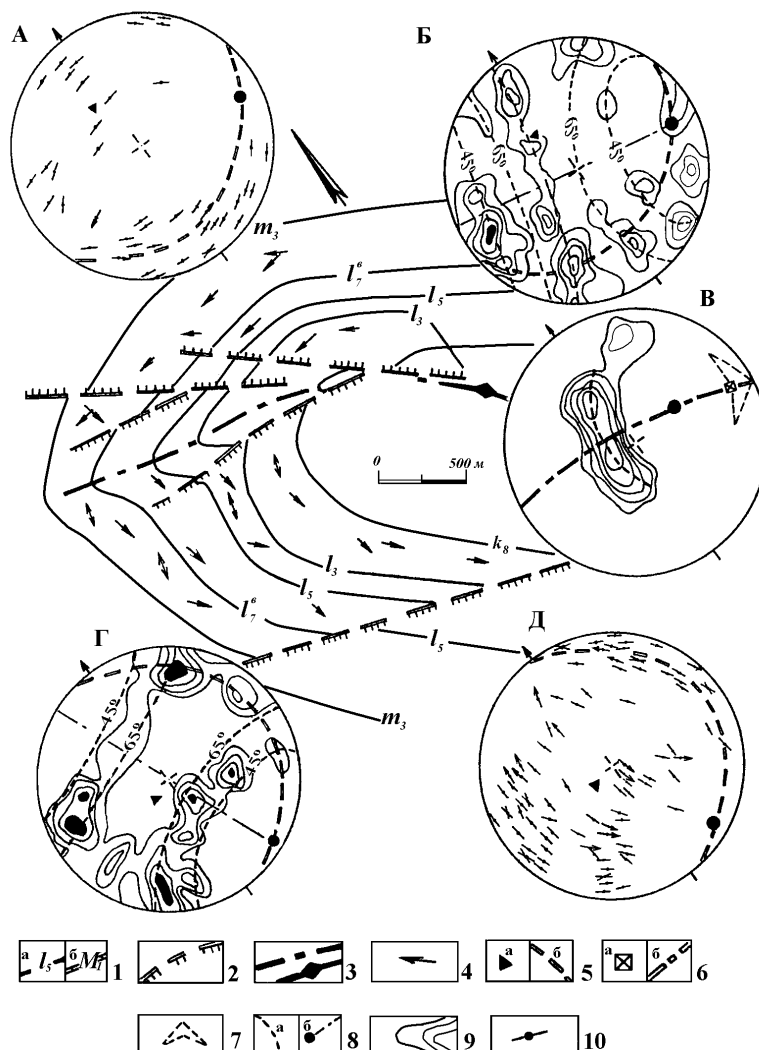
горных выработках шахт замерялась пространственная ориентировка не только самих трещин, но и «струйчатости» на их поверхности.



Рис. 1. Вид поверхности трещин «эндо-» и «экзокливажа» в угле

Антиклиналь на этом участке имеет коническую геометрию, что чётко фиксируется на стереограмме полюсов плоскостей напластования (рис. 2 в). Вследствие дополнительных деформаций в пределах шахтного поля ось Главной антиклинали здесь отклоняется от генерального северо-западного простирания к широтному. Основные геометрические элементы складки характеризуются следующими элементами залегания: шарнир – аз. пад. $275^\circ \angle 20^\circ$; осевая плоскость – аз. пад. $188^\circ \angle 82^\circ$. Породы в крыльях имеют следующие усреднённые элементы залегания: аз. пад. $347^\circ \angle 34^\circ$ (для северного) и $267^\circ \angle 18^\circ$ (для юго-западного).

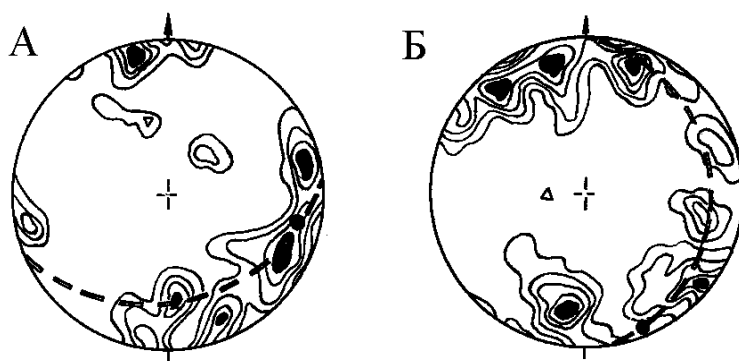
На самой периклинали (поле шахты «Ново-Дзержинская») картина распределения трещин «экзокливажа» и «струйчатости» довольно сложная. В пределах каждого крыла складки полюса самих трещин рассеиваются вдоль конических поверхностей симметрии. Оси этих поясов обнаруживают определенную симметрию относительно плоскостей напластования.



1. Маркирующие горизонты: угольные пласты (а), известняки (б);
2. Тектонические разрывы;
3. Осевая линия антиклинали;
4. Ориентировка струйчатости в плане;
- На стереограммах: 5. Полнос (а) и плоскость напластования; 6. Шарнир (а) и осевая плоскость складки (б);
7. Треугольник «β»-пересечений;
8. Пояс (поверхность) (а) и ось (б) симметрии;
9. Изолинии плотности распределения полюсов;
10. Полнос трещины с направлением подвижки по ней (следом кинематической плоскости).

Рис. 2. Геолого-структурный план западного замыкания Главной антиклинали (гор.452 м шх. «Ново-Дзержинская»). На стереограммах: а, б– «экзокливаж» в северном крыле Главной антиклинали (кинематическая (а) и плотностная (б) стереограммы); г, д – то же, в юго-западном, в – распределение полюсов напластования

Ориентировка «струйчатости» в пределах каждого крыла также довольно выдержана и однообразна: в северном крыле преобладает её субширотная ориентировка, в юго-западном – субмеридиональная. Так на сводной стереограмме полюсов трещин «экзокливажа» для северного крыла выделяется ось симметрии с элементами залегания аз. пад. $285^\circ \angle 20^\circ$. Ось лежит в усреднённой плоскости напластования этого блока (рис. 2 а, б). Сама «струйчатость» субпараллельна этой оси и продольна к напластованию (рис. 3 а). Для юго-западного крыла ось симметрии этих конических поверхностей так же лежит в плоскости напластования и характеризуется элементами залегания: аз. пад. $335^\circ \angle 8^\circ$ (рис. 2 г, д). «Струйчатость» и здесь субпараллельна оси симметрии и продольна к напластованию (рис. 3 б). С учётом кинематических характеристик трещин (ориентировки «струйчатости») полученные структурные рисунки можно охарактеризовать как «конус скалывания» или даже «пояс течения». Подобный структурный рисунок возникает при разрушении массива системой разноориентированных сколов и скольжению по ним в одном направлении вдоль линии (оси) их пересечения [5, 6]. В условиях периклинали оси поясов в противоположных крыльях сходятся под углом 25° к оси антиклинали (аз. пр. 310°).



Условные обозначения на рис.2.

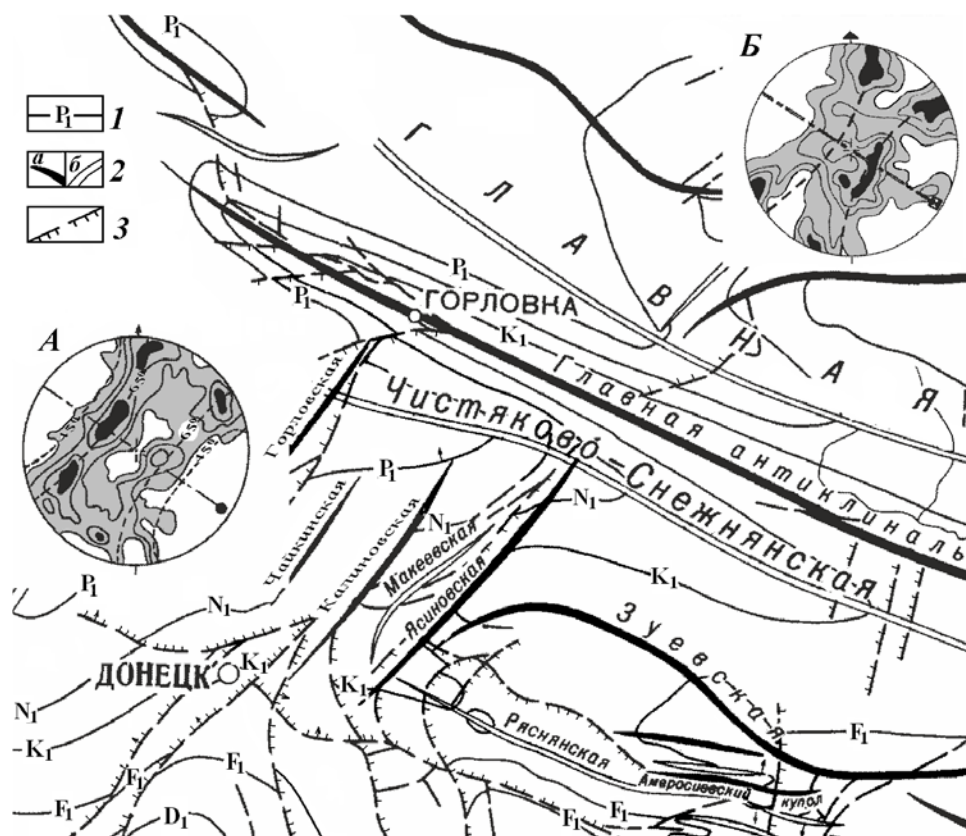
Рис. 3. Ориентировка «струйчатости» на периклиналиальном замыкании Главной антиклинали (поле шх. «Ново-Дзержинская»). А – в северном крыле; Б – в юго-западном крыле

В свое время В. В. Эз [3], анализируя ориентировку трещин «экзокливажа» в пределах Главной антиклинали (Центральный геолого-промышленный район Донбасса), установил, что они ориентированы под углом $18 - 35^\circ$ к оси складки (рис. 4 б). На стереограмме полюса этих трещин формируют конус, ось которого совпадает с осью Главной антиклинали. Т.е. полученный структурный рисунок близок к тому, что был получен авторами для западного замыкания антиклинали. Отождествляя этот структурный рисунок с конусом скалывания, В. В. Эз предположил, что на определённой стадии развития ось тектонического сжатия σ_3 была ориентирована вдоль оси антиклинали.

Авторами также было выполнено некоторое количество замеров в крыльях Главной антиклинали, на участке, где складка ещё сохраняет цилиндрическую геометрию (поля шахт «Торецкая» и им. Ф. Э. Дзержинского). Было установлено, что здесь «струйчатость» параллельна оси складки. Это в сочетании с данными В. В. Эза даёт всё тот же «пояс течения» вдоль оси, совпадающей с осью Главной антиклинали.

Аналогичный структурный рисунок был получен авторами и при изучении трещин этого класса в углях Донецко-Макеевского района. Здесь также было установлено, что «струйчатость» (линии скольжения) на стенках «экзокливажа» субпараллельны (т.е. их кинематические плоскости коллинеарны) и пересекаются вдоль единой оси (аз. пр. $300-305^\circ$), совпадающей с осью конических поверхностей симметрии (рис. 4 а).

Установленная упорядоченная ориентировка линейных элементов («струйчатости») отражает линейную направленность движения материальных частиц. При этом перемещение материала угольных пластов происходит в плоскости пластов по системе разноориентированных трещин в одном направлении. Выдержанность ориентировки «струйчатости» в пространстве на значительной площади свидетельствует о региональном характере этого процесса. Симметричность всех выделенных деформационных элементов складчатой структуре (например, аз. пр. оси Главной антиклинали $300-305^\circ$, Ряснянской синклинали – $295-300^\circ$) позволяет предположить их генетическую связь, т.е. то, что установленные деформации являются соскладчатыми.



1. Маркуючі горизонти (известняки);
 2. Оси складок: антиклинальних (а), синклінальних (б);
 3. Тектонічні розриви.
- Умовні позначення для стереограмм см. на рис.2.

Рис. 4. Геолого-структурна схема юго-западної частини Донбасу со стереограммами орієнтировок трещин «экзокливажа» в Донецко-Макеевском (а) и Центральном (б) районах

Лінійні елементи, що виникають синхронно з формуванням складки, зазвичай орієнтовані закономірно відносно її шарнира і осевий площини.

По відношенню до тектонічної транспортування речовини лінійні структурні елементи поділяються на «а»- і «б»-лінійність. «а»-лінійність збігається з напрямком сколювання, «б»-лінійність перпендикулярна напрямку руху [7]. Виникаючі в процесі руху площини скальвання зазвичай розташовані під кутом до основної площинної структури (напластованню) і перетинаються по осі, що збігається з «б»-лінійністю. «Струйчатість», субпаралельна цій осі і

указывающая на перемещение вещества угольных пластов вдоль шарниров складок, перпендикулярно направлению проскальзывания пород в крыльях в этом случае является аналогом «b»-линейности. Выделенная ось симметрии (линия пересечения плоскостей этих трещин) совпадает, с осью удлинения ε_1 соскладчатого поля деформаций.

При подобной интерпретации этих структур можно предположить следующий механизм их образования. В ходе формирования основной складчатости в Донбассе на слоистую угленосную толщу синхронно воздействовали горизонтальные сжимающие усилия ортогональные бортам бассейна и объёмные вертикальные нагрузки, обусловленные весом самих пород. В результате происходил не только изгиб слоёв с проскальзыванием по плоскостям напластования (механизм продольного изгиба), но и одновременное выдавливание пластичного материала в плоскости пластов вдоль шарниров формирующихся складок.

Сами трещины со «струйчатостью» в этом случае наиболее близки к кливажу. Но не в его классическом понимании: «Кливажем называются частые параллельные поверхности скольжения, развивающиеся при пластической деформации горных пород. В механическом отношении кливаж выражается в образовании многочисленных поверхностей скольжения и срезывания, по которым в процессе пластической деформации частицы смещаются относительно друг друга» [8, с. 213]. Или, в понимании Г. Д. Ажгирея: «Кливажем мы будем называть делимость и трещиноватость, развивающиеся только в слоистых горных породах, генетически связанную только со складкообразованием» [9, с. 235]. Трещины со струйчатыми поверхностями соответствуют сути этого определения, его генетическому смыслу – они образованы при пластических деформациях углевмещающей толщи при твердо-вязком течении материала угольных пластов. Возможность формирования кливажа в результате объёмного однонаправленного межмолекулярного и молекулярного движения масс предполагалась некоторыми исследователями и ранее [10, 11]. Но в данном конкретном случае сдвигение материала пород происходит не вдоль параллельных плоскостей, а по системам разноориентированных сколов. Ориентировка систем трещин, при

этом, на различных участках может меняться в зависимости от местных условий, но ориентировка «струйчатости» и общий структурный рисунок, в целом, остаются неизменными. В этом их основное отличие от классических определений кливажа. Избирательное распространение этих трещин в пластах лишь определённого марочного состава соответствует аналогичной избирательности трещин классического кливажа.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- трещины со струйчатыми поверхностями в углях образовались в процессе пластической деформации угленосной толщи при однонаправленном объёмном перемещении материала угольных пластов вдоль шарниров формирующихся складок;
- направление этого перемещения фиксируется пространственной ориентировкой «струйчатости», которая в этом случае является аналогом «b»-линейности в метаморфических породах.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Аммосов И.И. Трещиноватость углей / И.И. Аммосов, И. В. Ерёмин – М.: Наука, 1961. – 120 с.
2. Эз В.В. Микротектоника угольных пластов и внезапные выбросы / В.В. Эз // Борьба с внезапными выбросами угля и газа в шахтах. – Тр. Геофиз. института АН СССР, 1956. – № 34. – С. 5 – 73.
3. Эз В.В. К вопросу о связи трещиноватости в каменных углях Донбасса со складчатой структурой / В.В. Эз // Складчатые деформации земной коры, их типы и механизм образования. – М.: Наука, 1962. – С. 250 – 264.
4. Соловьёв Б.А. К вопросу о происхождении трещин отдельности в каменноугольных отложениях Донецкого бассейна / Б.А. Соловьёв // Геотектоника. – 1985. – № 5. – С. 91 – 101.
5. Расцветаев Л.М. Выявление парагенетических семейств тектонических дизъюнктивов, как метод палеогеомеханического анализа полей напряжений и деформаций земной коры / Л.М. Расцветаев // Поля напряжений и деформаций в земной коре. – М.: Наука, 1987. – С. 171 – 181.

6. Расцветаев Л.М., Тверитинова Т.Ю. О выявлении некоторых параметров тектонических деформаций по результатам статистического геолого-кинематического исследования «малых» дизъюнктивов / Л.М. Расцветаев, Т.Ю. Тверитинова // Экспериментальная тектоника и полевая тектонофизика. – Киев: Наукова думка, 1991. – С. 204 – 211.
7. Казаков А.Н. Деформации и наложенная складчатость в метаморфических комплексах / А.Н. Казаков – Л.: Наука, 1976. – 238 с.
8. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование / А.Е. Михайлов – М.: Недра, 1984. – 464 с.
9. Ажгирей А.Д. Структурная геология. – М.: МГУ, 1956. – 494 с.
10. Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В. Типы кливажа и его классификация / Я.Н. Белевцев, Г.В. Тохтуев // Советская геология – 1966. – № 2. – С. 127 – 133.
11. Кирилова И.В. Кливаж, как показатель характера движения вещества в процессе развития складчатости / И.В. Кирилова // Складчатые деформации земной коры, их типы и механизм образования. – М.: Наука, 1962. – С. 78 – 109.