

УДК 551.24.03

## Структурно-тектонифизические особенности формирования разрывной тектоники Южного Донбасса

Павлов И. О., Хрищанович О. С.

*Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина*

---

### Аннотация

На основании анализа геологической структуры и реконструкций основных параметров тектонических полей напряжений можно сделать вывод, что образование всего набора структурно-деформационных элементов в нижнекаменноугольных отложениях Южного Донбасса обусловлено правыми сбросо-сдвиговыми смещениями по разлому кристаллического фундамента.

---

### Анализ геолого-структурной позиции района.

Южно-Донбасский угленосный район расположен в юго-западной части бассейна, в полосе вытянутой на 130 км от ст. Межевая (на западе) до с. Старобешево (на востоке). Здесь палеозойские отложения залегают на размытой поверхности докембрийского кристаллического фундамента, полого погружающегося к северо-востоку. Тектоническое положение района определяется его приуроченностью к юго-западной окраине Донецкого бассейна, к области его сопряжения с северным склоном Приазовской части Украинского кристаллического массива. Нижнекаменноугольные отложения, слагают здесь обширную пологую моноклираль, обращенную, в общем, на северо-восток и переходящую в южное крыло Кальмиус-Торецкой котловины. Простираение каменноугольных пород в пределах района изменяется от субширотного (в восточной части) до северо-западного – субмеридионального (в западной). Падение на север – северо-восток с углами, не превышающими 5–10°. Моноклиральное залегание пород осложняется различными тектоническими дислокациями, среди которых преобладают тектонические разрывы, преимущественно сбросы. Амплитуды смещения по ним колеблются от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Преобладает северо-западное простираение разрывов. Углы падения сместителей нарушений, как правило, крутые – 60–80°. Встречаются разрывы, как с северо-восточным, так и с юго-западным падением сместителей.

Крупнейшей разрывной дислокацией района является Криворожско-Павловский сброс, амплитуда которого в пределах района превышает 1000 м. Его сместитель погружается в северо-восточном направлении под углами от 45 до 70°. Основные региональные сбросы приурочены к висячему крылу этой структуры. Пространственно основная масса разрывов концентрируется здесь вдоль трех субпараллельных структурных линий. Первая из них (с юго-запада на северо-восток) включает сбросы: Максимовский, Сложный, Шевченковский и Никольские. Вторая состоит из: Долинного, Придолинного, Полевого, Владимировского, Горняцкого сбросов и Лесного надвига. И в третью входят: Центральный, Екатерининский сбросы и северо-западный фрагмент Ялынского надвига (рис. 1). Эти структуры обуславливают блоковое строение территории. Всего (с учетом зоны Криворожско-Павловского разлома) можно выделить 3 таких блока. Ширина отдельных блоков, ограниченных зонами разрывов составляет 4,5–5 км.

Осложняет общую геологическую структуру района и наличие различных по ориентировке и морфологии пликтивных дислокаций. Среди них преобладают брахискладки северо-западной и северо-восточной ориентировок. На самом юго-востоке зафиксированы северо-восточные флексуры (Васильевская, Никольская). Основная масса складок сосредоточена в тектоническом блоке, непосредственно примыкающем к Криворожско-Павловскому сбросу. Отдельные складки прослеживаются и во втором (к северо-востоку) тектоническом блоке.

При выполнении структурно-тектонифизических исследований проводились наблюдения в горных выработках и анализировались данные горных работ шахт «Южнодонецкая» №1 и №3. Поля шахт «Южнодонецкая» №1 и №3 приурочены к юго-восточной части центрального и западного блоков. В поперечном сечении этот район представляет собой своеобразный грабен. С юго-запада и северо-востока он ограничивается крупными встречнопадающими сбросами северо-западной ориентировки. На юго-западе – это Криворожско-Павловский, Сложный и Максимовский сбросы с северо-восточным падением сместителей, на северо-востоке – Владимировский, Придолинный, Долинный и Полевой сбросы, сместители которых погружаются к юго-западу. Внутри этого грабена, породы дополнительно разбиты системой продольных сбросов более высоких порядков с преимущественным юго-западным падением сместителей. Наиболее крупными из них являются: сброс №1, Шевченковский и Западно-Никольский сбросы. Два последних нарушения имеют максимальные амплитуды (до 100–150 м) в пределах шх. «Южно-Донецкая» №1. В пределах поля шх. «Южно-Донецкая» №3, как установлено горными работами, они затухают.

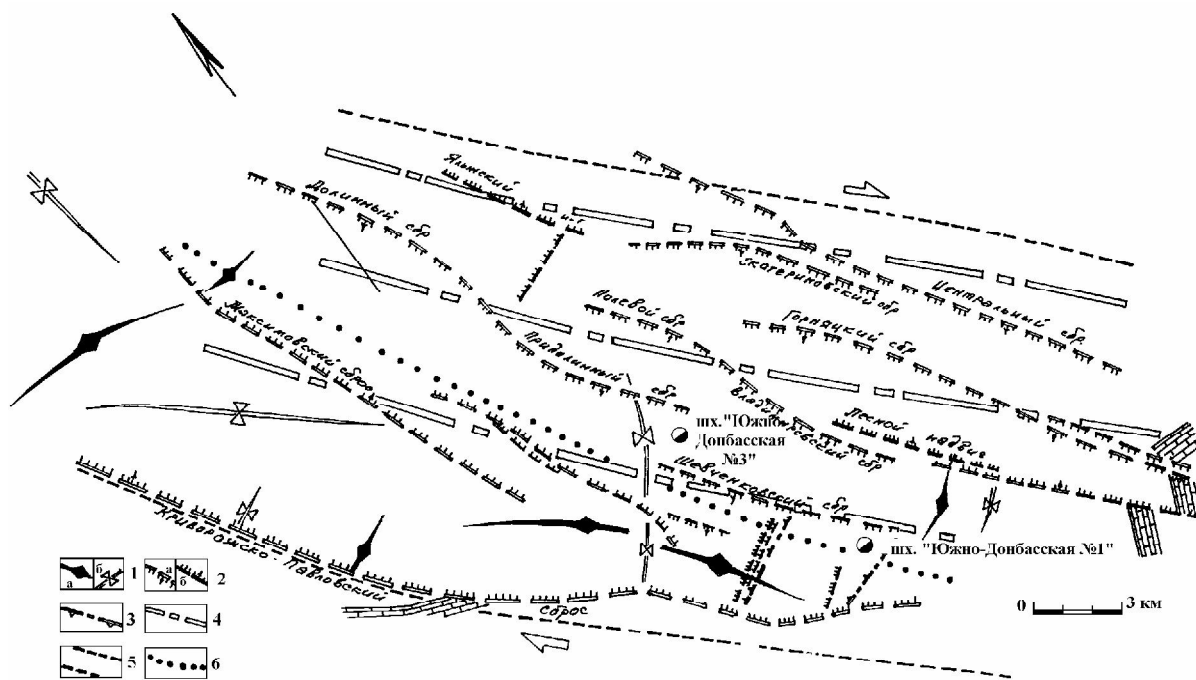


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема Южно-Донецкого района.

1 – оси складок: антиклинальных (а) и синклинальных (б); 2 – тектонические разрывы: сбросы (а), взбросы (б); 3 – флексуры; 4 – оси структурных зон; 5 – контур зоны активного структурообразования; 6 – положение структурообразующего разлома в фундаменте.

Анализ пространственных ориентировок тектонических разрывов показывает, что в пределах шахтных полей доминируют разрывы северо-западной ориентировки (рис. 2 А, Б). При этом, в пределах поля шахты «Южно-Донецкая №3» распространены разрывы с преимущественно юго-западным падением сместителей: аз. пад.  $230^\circ \angle 55-70^\circ$ . Менее проявлены разрывы с обратным, северо-восточным падением: аз. пад.  $50^\circ \angle 55-65^\circ$ . Разрывы других пространственных ориентировок, сколь-нибудь существенных статистических максимумов на стереограмме не образуют (можно отметить лишь разрывы субмеридиональной – северо-западной ориентировки – аз. пад.  $250-255^\circ \angle 50-60^\circ$ ) (рис. 2 Б). В морфологическом отношении практически все задокументированные разрывы являются сбросами (отмечены единичные крутопадающие взбросы).

В этом отношении поле шх. «Южно-Донецкая» №3 существенно отличается от поля соседней шахты «Южно-Донецкая» №1. На последнем, при анализе пространственных ориентировок разрывов, на стереограмме было установлено четыре четких максимума. Два из

них образованы северо-западными сбросами с элементами залегания: аз. пад.  $40-50^\circ \angle 60-80^\circ$  и аз. пад.  $230^\circ \angle 60-70^\circ$  и по ориентировке совпадают с основными системами разрывов поля шх. «Южно-Донбасская» №3. Две другие системы представлены встречнопадающими пологими северо-восточными надвигами: аз. пад.  $320^\circ \angle 25^\circ$  и аз. пад.  $105-110^\circ \angle 20^\circ$  (рис. 2 А). Сбросы подобных ориентировок не зафиксированы.

Пространственно разрывы северо-западной ориентировки тяготеют к зонам крупных сбросов либо группируются в параллельных им «тектонополосах» (зонах тектонической нарушенности). Этими полосами или зонами, шахтные поля расширяются на более мелкие тектонические блоки, ширина которых составляет 750–800 м (или другими словами, шаг между зонами 750–800 м).

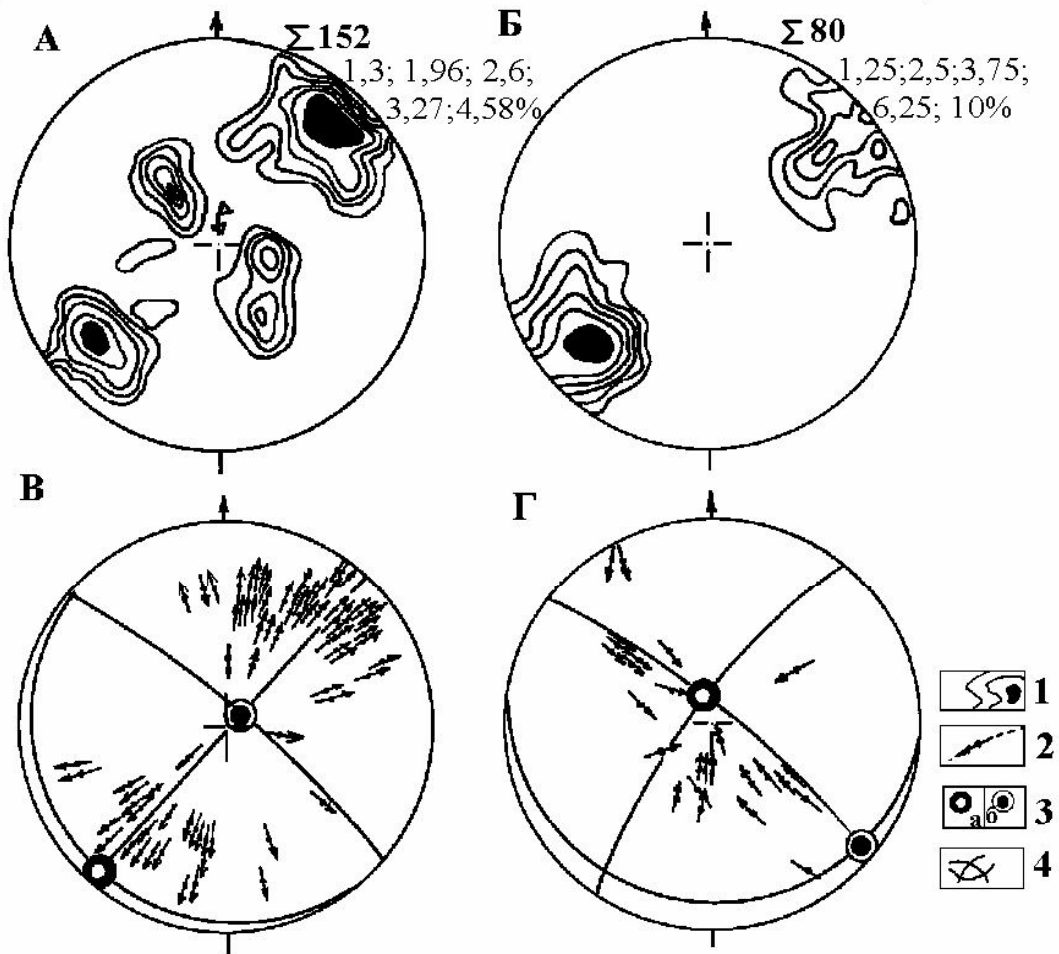


Рис. 2. Стереограммы ориентировок тектонических разрывов (А, Б) и реконструкций полей напряжений (В, Г) для шахт «Южно-Донбасская» №1 и 3.

1 – изолинии плотности распределения полюсов разрывов; 2 – полюса разрывов с вектором подвижки по ним; 3 – оси главных нормальных напряжений  $\sigma_1$  (а) и  $\sigma_3$  (б); 4 – плоскости действия главных нормальных напряжений.

Характерной чертой морфологии, как отдельных крупных тектонических разрывов, так и выделенных «тектонополос», является кулисообразное строение. Они сформированы эшелонами разрывов различного структурного уровня, которые образуют острый угол с осью зоны или генеральным простиранием разрыва (рис. 3). Единая разрывная структура как бы распадается на систему нарушений более низкого структурного уровня. Для крупных сбросов района горными работами обычно фиксируются правые ряды кулис. Для «оперяющих» разрывов более характерны левые кулисообразные ряды. При этом, «оперяющие» разрывы обычно приурочены к висячему крылу основных сбросов и имеют обратное падение.

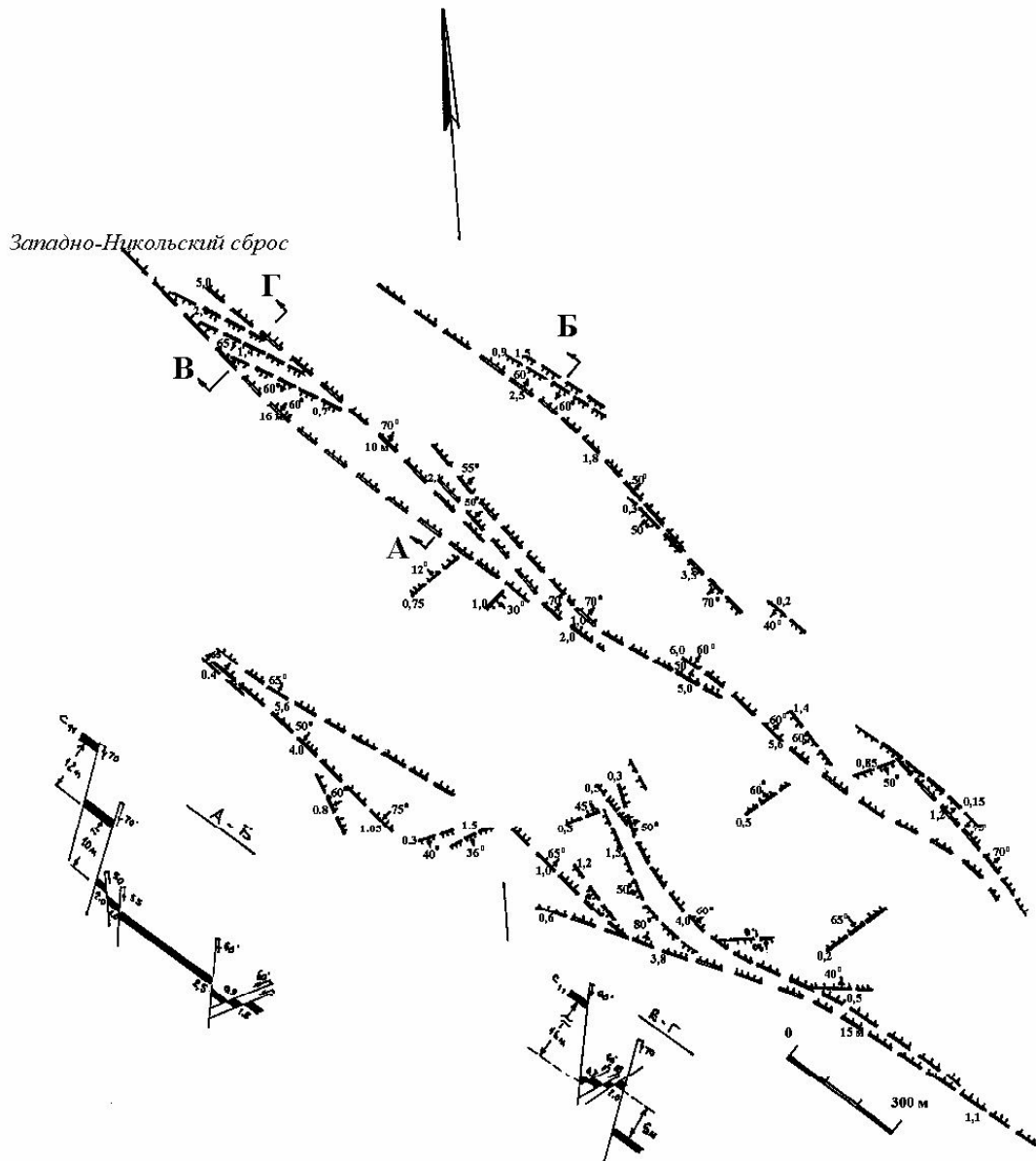
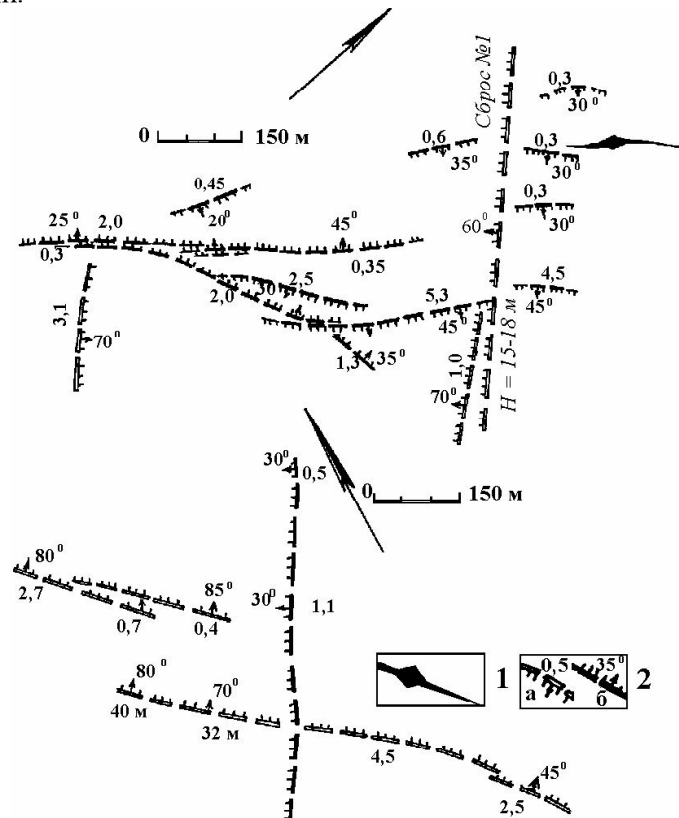


Рис. 3. Строение зоны Западно-Никольского сброса, поле шх. «Южно-Донбасская» №1 (по материалам обработки пл.с<sub>11</sub>). Условные обозначения на рис. 4.

### Поля напряжений и механизм образования тектонических дислокаций

Реконструкции параметров тектонических полей напряжений кинематическим методом производились с использованием материалов, полученных по результатам замеров в выработках шх. «Южно-Донбасская» №1 [1]. В результате выполненных реконструкций установлено 2 вида поля тектонических напряжений, принципиально отличающихся ориентировкой осей главных нормальных напряжений. Для первого из них характерно близгоризонтальное положение оси растяжения  $\sigma_1$  по аз.  $42^\circ$  и субвертикальное положение оси сжатия  $\sigma_3$ : аз. пад.  $235^\circ \angle 85^\circ$ . Второе, наоборот, характеризуется субвертикальной осью растяжения  $\sigma_1$ : аз. пад.  $194^\circ \angle 82^\circ$  и субгоризонтальным сжатием по аз.  $308^\circ$  (рис. 2 В, Г). Так же кардинально различаются и деформации, соответствующие каждому из этих полей. Первому полю симметричны системы встречнопадающих северо-западных сбросов. Они составляют систему сопряженных сколов с углом скалывания  $30^\circ$ . Второму полю соответствуют пологие встречнопадающие надвиги северо-восточной ориентировки, также образующие сопряженную пару и северо-восточные брахискладки и флексуры.

Наличие двух столь отличных полей и соответствующих им деформаций, свидетельствует о разновременности их проявления. Относительный возраст деформаций (и соответственно полей) можно определить по их пространственным взаимоотношениям или по наиболее молодому возрасту пород, которые они дислоцируют. В данном случае деформации фиксировались лишь в нижнекаменноугольных породах. Взаимоотношения структур двух этих ориентировок, зафиксированные на планах горных работ и геологической карте, неоднозначны (рис. 4). Разрывы двух этих ориентировок пересекаются без видимых закономерных взаимных смещений. В тоже время, складки и флексуры северо-восточной ориентировки явно наложены на пликативные дислокации северо-западного простирания, хотя они и могут рассекаются северо-западными разрывами.



**Рис.4.** Взаимоотношения сбросов и надвигов, поле шх. «Южно-Донбасская» №1 (по материалам отработки пл.с<sub>13</sub> (а) и с<sub>11</sub> (б)).

1 – оси антиклиналей; 2 – тектонические разрывы: сбросы (а); надвиги (б), их амплитуды и углы падения.

Однако по аналогии с реконструкциями полей напряжений для других районов Донбасса и Восточного Приазовья [2] можно предположить, что второе (взбросовое) поле имеет более молодой, а именно альпийский возраст. Во всяком случае, пространственная ориентировка оси максимального сжатия  $\sigma_3$  соответствует именно этому полю тектонических напряжений. Т. о. сбросовое поле является более древним. Деформации, ему симметричные логично связывать с более ранними этапами тектогенеза. Наиболее вероятен его герцинский возраст. Но герцинское поле в Донбассе характеризуется субгоризонтальным, ортогональным простиранием бассейна сжатием и субветикальным растяжением (т. е. является взбросовым) [2]. Считается, что в этом поле формировались основные продольные линейные складки бассейна и сопровождающие их взбросы и надвиги. Подобное положение осей и подобные деформации не соответствуют наблюдаемым в Южнодонбасском районе. Для объяснения и увязки всех имеющихся данных необходим соответствующий механизм, который позволил бы объяснить возникновение всех этих структур в рамках единого деформационного процесса.

Многие геологи [3] предполагают наличие существенных сдвиговых подвижек правого знака по зоне Криворожско-Павловского сброса и считают этот разрыв правым сбросо-сдвигом. Учитывая положение маркеров в его крыльях и возможную направленность активных

тектонических усилий на инверсионной стадии развития Донбасса (близмеридиональное сжатие), подобная кинематика этого разрыва вполне возможна. В то же время, наблюдения в горных выработках шх. «Южно-Донбасская» №1 показали, что практически все разрывы северо-западной ориентировки (параллельные Криворожско-Павловскому сбросу), по своей кинематике являются сбросами (т. е. штрихи на их сместителях ориентированы по падению, без какой-либо сдвиговой составляющей) (рис. 2). Принимая гипотезу правого сбросо-сдвига и учитывая факты, зафиксированные в горных выработках, можно предложить следующий универсальный механизм формирования всего парагенезиса деформационных структур в Южном Донбассе. Весь район, при этом, рассматривается, как зона активного структурообразования над зоной продольно-зонального сдвигания. Сам структурообразующий разлом находится в жестком кристаллическом фундаменте. Его ось параллельна Криворожско-Павловскому разлому и в чехле пространственно совмещена с грабенообразным блоком между Максимовским и Долиным сбросами (поля шахт «Южно-Донбасская» №1 и №3). Активные сбросо-сдвиговые подвижки вдоль оси этой структуры сопровождались образованием надсдвиговой зоны скалывания в жестком кристаллическом основании и пассивными деформациями чехла над этой зоной в поле силы тяжести (преобладающее вертикальное сжатие). Как установлено по результатам моделирования, в подобной ситуации характерно возникновение одной системы кулисообразных сбросов или сбросо-сдвигов в деформируемом слое [4]. Они концентрируются в узкой зоне непосредственно над зазором между сдвигающимися блоками основания. Ширина зоны определяется мощностью разрушаемого слоя и составляет 4–5 Н (где Н – мощность слоя) [5]. В реальном масштабе, с учетом мощности отложений палеозоя в Южном Донбассе, её ширина может составить 10–12 км. Намеченные выше три структурные линии (в формировании которых принимают участие все известные крупные разрывы), в этом случае, представляют собой эшелон или правый кулисообразный ряд разрывов наиболее высокого структурного уровня в надшовной зоне. Каждая из этих линий, в свою очередь, состоит из отдельных кулис-разрывов более низкого структурного уровня. Строение этих отдельных крупных разрывов также характеризуется кулисообразностью. Т. е. весь комплекс разноамплитудных продольных сбросов может быть сформирован в результате единого процесса.

Наряду с хрупкими, на этом этапе, могли возникать и пластические деформации, прежде всего, брахискладки северо-западной ориентировки. Их образование было обусловлено короблением толщи при её опускании между системами встречнопадающих сбросов.

На более поздних стадиях тектогенеза, правосторонние подвижки по той же структуре в фундаменте продолжались. Сместитель основного структурообразующего разлома, развиваясь вверх по восстанию, достиг палеозойских отложений, где в настоящее время фиксируется в виде Криворожско-Павловского сброса. Это привело к отмиранию надсдвиговой зоны структурообразования (и соответственно, завершению развития составляющих её разрывов) и концентрации тектонических движений и дислокаций вдоль зоны самого Криворожско-Павловского сброса. Здесь в горизонтальные смещения вдоль разлома вовлекались осадочные толщи палеозоя. Висячем крыле сброса усложнялись уже имеющиеся складки и формировались поперечные к его простиранию (северо-восточные) брахискладки. У жесткого упора (на самом юго-востоке района) субгоризонтальные межслоевые подвижки привели к образованию флексур и сопровождающих их надвигов.

Предложенный механизм объясняет весь наличный комплекс деформаций в рамках единого тектонического процесса правостороннего сдвигания вдоль дизъюнктивной структуры фундамента. Этот процесс унаследовано развивался на протяжении всей геологической истории при изменяющейся ориентировке прилагаемых внешних усилий. И весь комплекс дислокаций, связанных с ним развивался также последовательно и унаследовано.

Можно сделать следующие выводы:

1. В каменноугольных отложениях района установлены тектонические разрывы двух морфологических типов: нормальные сбросы и надвиги. Сбросы характеризуются северо-западной ориентировкой, надвиги – северо-восточной.
2. Для района реконструировано 2 типа тектонических полей напряжений: более древний сбросовый и более молодой взбросовый. Первое поле характеризуется субвертикальной ориентировкой оси сжатия  $\sigma_3$  и горизонтальной осью  $\sigma_1$  (аз.). В этом поле формировались все нормальные сбросы района. Для второго поля характерно субвертикальное

расположение оси растяжения  $\sigma_1$  и близгоризонтальное расположение оси сжатия  $\sigma_3$ . В этом поле формировались северо-восточные надвиги района (в частности надвиги на поле шх. «Южно-Донбасская» №1).

3. Формирование всего набора деформационных элементов района обуславливалось реализацией правой сбросо-сдвиговой подвижки по разлому кристаллического фундамента. Все тектонические дислокации развивались последовательно и унаследовано.
4. Для прогноза мелкоамплитудной тектоники на полях шахт могут быть использованы следующие установленные закономерности:
  - все разрывы имеют эшелонированное строение. Для основных сбросов характерны правые кулисообразные ряды разрывов;
  - разрывы распространены не равномерно по всему шахтному полю, а концентрируются в узких зонах;
  - расстояние между зонами относительно выдержано и в пределах шахтных полей составляет 750–800 м.

### Библиографический список

1. Разработка и внедрение методики применения тектонофизического анализа для прогнозирования мелкоамплитудных тектонических нарушений на поле шахты «Южно-Донбасская №1». Отчет по НИР. – Донецк: ДПИ, 1980. – 110 с.
2. Корчемагин В. А., Емец В. С. Особенности развития тектонической структуры и поля напряжений Донбасса и Восточного Приазовья // Геотектоника, 1987. – №3. – С. 49–55.
3. Структурная геология Донецкого угольного бассейна. – М.: Недра, 1985. – 150 с.
4. Михайлова А. В. Исследования механизмов формирования тектонических структур в слое над активными разломами фундамента / Тектонофизика сегодня. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 212–224.
5. Борняков С. А. Количественный анализ параметров разномасштабных сдвигов (по результатам моделирования) // Геология и геофизика, 1990. – №9. – С. 34–42.

© Павлов И. О., Хрищанович О. С., 2008.