

Н.И. Евдошук¹, Н.В. Вергельская¹, А.Н. Кришталь²

О РОЛИ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГАЗОНАСЫЩЕННОСТИ УГЛЕПОРОДНЫХ МАССИВОВ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОГО УГЛЕПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Основная часть углепородных массивов, в которых сконцентрировано большинство мелкоамплитудных разрывов Донецко-Макеевского углепромышленного района является зонами скалывания, генетически связанными со сдвигами и как следствие зонами проявления газодинамических явлений. Установлены морфологические особенности сдвигов и структурные парагенезисы сдвиговых зон с газоносностью углепородных массивов Донецко-Макеевского углепромышленного района.

Ключевые слова: Донецко-Макеевский углепромышленный район, тектонические дислокации, мелкоамплитудные нарушения, углепородный массив, газоносность.

Вступление. Современные представления о генезисе ископаемых углей до сих пор базируются на концепции оторфенения растительных остатков и последующего преобразования торфа в угли при диагенезе, катагенезе и метаморфизме.

Эндогенное науглероживание пород и флюидогенное преобразование углей проявляются как фундаментальная закономерность петрогенезиса угольных бассейнов авлакогенного типа. Естественно, что с этими процессами следует связывать не только особенности петрологии и металлогении угленосных бассейнов, но и закономерности формирования углегазовых месторождений как возможных альтернативных источников углеводородных газов, а также разнообразные случаи возникновения в угольных шахтах пожаров и опасных газодинамических явлений, среди которых наиболее сложными и недостаточно изученными являются внезапные выбросы угля, пород и газа.

Углепородные комплексы широких протяженных прогибов верхней части земной коры платформного типа длительного развития, к которым пренадлежит Доно-Днепровский прогиб со Складчатым Донбассом и сопредельными с ним структурами, является благоприятным объектом для комплексного изучения взаимодействия экзо- и эндогенных факторов формирования структурно-стратиграфических образований разных организационных уровней с выразительным участием вулканогенных и биосферных процессов.

Важно проследить систематичность постседиментационных тектоно-магматических проявлений на протяжении триаса, юры, дата-палеоцена и, возможно, более позднего геологического времени, как источника восходящих тепловых флюидопотоков и выборочного дифференцированного магмотермального катагенеза и метаморфизма углей.

Материалы и методы исследования. Для анализа физико-химических факторов, определяющих условия формирования газонасыщенности углепородных массивов, обобщены данные по тектоническим картам Донбасса и Донецко-Макеевского района, а также выполнен анализ структур и тектонических нарушений угольных массивов шахтных полей Донецко-Макеевского углепромышленного района. Проведены лабораторные и петрографические исследования и определен состав остаточной газовой составляющей на разных гипсометрических уровнях (пласты m_3 , l_1 , l_4) для шахт Донецко-Макеевского углепромышленного района.

Актуальность исследований. Анализ геолого-структурных, минералого-петрографических и термобарогеохимических особенностей формирования ископаемых углей Донбасса и других угольных бассейнов показывает, что процессы регионального метаморфизма

© Н.И. Евдошук, Н.В. Вергельская, А.Н. Кришталь, 2013

угольных пластов и угле вмещающих пород неоднократно сопровождалось явлениями их углеводородной флюидизации, обусловленными фильтрацией сложных по составу пароводно-газовых растворов по зонам тектонических нарушений при высоких перепадах термодинамических параметров. В общем случае эти явления играли значительную роль в геохимической специализации угольных пластов, в неоднородной карбонизации органического вещества и перекристаллизации вмещающих пород, в развитии зон минерализации и участков, обогащенных CH_4 и рудными компонентами. В зонах флюидизации широкое развитие получают кварц-углеродистые метасоматиты, представленные лидитами, кварцолитами, силекситами и окварцованными песчаниками. Вакуумная декриптометрия этих пород обнаруживает несколько стадий гидротермального литогенеза в интервалах температур 80-1500°C, 160-2000°C, 220-2500°C и 420-5000°C с высокими F-показателями флюидоактивности, достигающими 350-400 усл. ед. [8, 13].

При определенных геодинамических условиях (в так называемых «структурных ловушках») происходили локальные процессы интенсивного преобразования угольного вещества и угле вмещающих пород по типу гидротермально-метасоматического их изменения. С этим связано зональное распределение внезапных выбросов угля, пород и газа при отработке угольных месторождений практически на всех угольных бассейнах.

Природа и физико-химические параметры флюидов, вызывавших развитие отмеченных процессов флюидизации, метасоматоза и преобразования угольного вещества, остаются в настоящее время недостаточно изученными. Согласно полученным результатам термобарогеохимических исследований, на уровне современных глубин разработки угольных месторождений температура растворов изменялась от 350-400 до 250-300°C, а давление – от 150-200 до 50-60 МПа. Это не исключает возможности существования более высоких или аномально низких температур и давлений в участках развития разнонаправленных стрессовых нагрузок [14].

Несмотря на то, что отмеченные явления флюидизации углей имеют разноплановый характер и неодинаковы в разных типах углей, они свидетельствуют о существовании двух противоположных тенденций фазовых переходов на молекулярном и надмолекулярном уровнях, возникающих в системах "уголь–флюид" при повышенных РТ-параметрах. Одна из этих тенденций выражается в стабилизации, упрочнении, повышении степени упорядоченности структуры угля, вторая – в ее разрушении, разупорядоченности, дезинтеграции. Первая тенденция проявляется в науглероживании углей, понижении индекса R_o , в изменении структуры рентгеновских и инфракрасных спектров, свидетельствующих об образовании графитоподобных кристаллитов и упорядоченных надмолекулярных блоков, в увеличении роли взрывных эффектов на вакуумных декриптограммах флюидизированных углей.

Вторая тенденция экспериментально проявляется в резком увеличении интенсивности газовыделения в измененных углях, их диспергации и разбухании, гидрогенизации, экстракции элементов-примесей, существенном изменении состава летучих, выделяющихся при нагревании проб в сторону увеличения содержания водорода, этилена, этана, CO , CO_2 и других компонентов.

Очевидно, что возникновение отмеченных разнонаправленных процессов в системах "уголь–флюид" обусловлено, во-первых, гетерогенной структурой самого угля и, во-вторых, воздействием углеводородных газов, взаимодействующих с разными блоками угольного вещества при термобароградиентных условиях.

Результаты исследований. Донецкий угольный бассейн является одним из крупнейших месторождений полезных ископаемых не только Украины, но и во всем мире. Разведанных запасов угля, составляющих 56,7 млрд т, может хватить на сотни лет добычи. Средняя глубина разработки достигает 800 - 1200 м.

Угледородные толщи Донбасса одновременно с залежами угля являются мощным генератором и одновременно коллектором природного газа, в том числе и метана. Запасы метана угольных месторождений по оценкам разных исследований колеблются от 12 до 25

трлн м³, большая часть которых сконцентрирована в Донецко-Макеевском, Красноармейском и Центральном углепромышленных районах.

Донецкое складчатое сооружение [3] расположено (рис. 1) на юге Восточно-Европейской платформы между Украинским щитом (на юго-западе) и Воронежским кристаллическим массивом (на северо-востоке).

В геоструктурном плане Донбасс представляет собой тектонический мегаблок, расположенный на пересечении раннепротерозойского складчатого пояса север-северо-западного-юг-юго-восточного простираения в пределах Сарматского щита и более молодого девонского палеорифта.

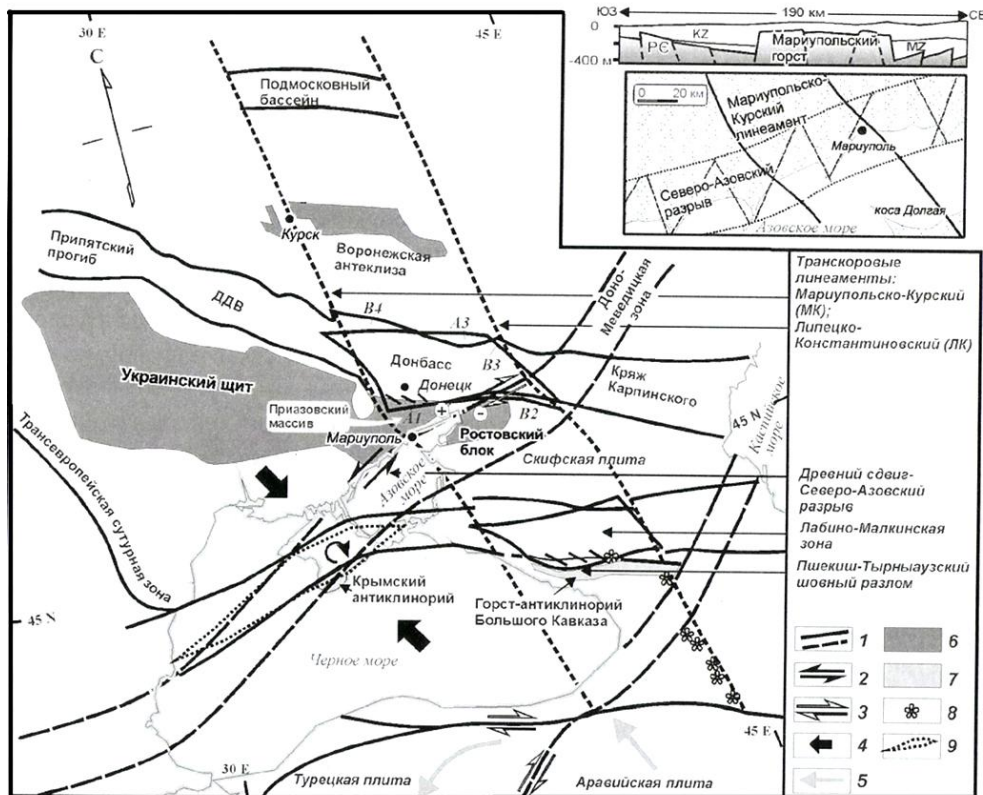


Рис. 1 Схема главных тектонических единиц южной части Восточно-Европейской платформы и пояса Тетиса [3].

1 – глубинные разрывы и линеаменты; 2 – древние сдвиги; 3 – альпийские сдвиги; 4 – направление неотектонического сжатия; 5 – направление движения плит; 6 – выступы докембрийского кристаллического фундамента; 7 – альпийские антиклинории; 8 – вулканические центры; 9 – граница развернутого по часовой стрелке Крымского мегаблока.

На врезке показаны детали строения участка пересечения Мариупольско-Курского линеамента и Северо-Азовского разрыва, а также геологический разрез вдоль северного побережья Азовского моря.

Глубинные разрывы, ограничивающие палеорифт, соответствующий площади современного Донбасса, наложены на более древние линейные структуры линеamentного пояса, включающего Мариупольско-Курский и Липецко-Константиновский транскоровые линеаменты.

В пределах палеорифта с запада на восток отчетливо выделяются две мегасинклинали (Припятский прогиб и Днепровско-Донецкая впадина), сменяющиеся Донецким бассейном, складчатыми структурами кряжа Карпинского (скрытыми под

мезозойским чехлом) и его восточного продолжения – Мангышлакской дислокационной зоны.

Среди основных структур, входящих в состав внутрикратонного (Припятско-Днепроовско-Донецкого) рифта девонского заложения, наиболее контрастно выделяется Донбасс, где глубина кристаллического фундамента залегает на отметках 20 - 24 км.

В процессе эволюции Донбасс в качестве самостоятельного звена указанного палеорифта претерпел изменения от пострифтового синеклизного бассейна, длительное время испытывавшего компенсированное прогибание в области седиментации, к компрессионному складчатому сооружению с наличием пликативных дислокаций в наиболее погруженной части бассейна.

В современном структурном плане большая часть бассейна представляет эродированное Донецкое складчатое сооружение, где на уровень эрозионного среза выходят смятые в складки и нарушенные взбросами и надвигами (со сдвиговой компонентой смещения) позднепалеозойские, преимущественно каменноугольные отложения.

Осадочная толща представлена разнообразным комплексом терригенных пород, среди которых в виде относительно маломощных слоев заключены пласты угля и известняка.

Для изучения закономерностей изменения газоносности на глубоких горизонтах в Донбассе были пробурены ряд скважин глубиной до 2,5-3,0 км, которые полностью охватили стратиграфический разрез карбона с углем всего диапазона марочного состава от длиннопламенного и газового до антрацитов низкой и высокой стадии метаморфизма (групп А/12–А/13 и выше) [3].

Исследования газоносности по этим скважинам полностью подтвердили выявленные в Донбассе и других бассейнах закономерности ее изменения, главным образом в зависимости от степени метаморфизма и глубины.

Ресурсы метана угленосной толщи Донбасса состоят из: метана, который удерживается органической массой угольных пластов, пропластков, рассеянной органикой в породах главным образом в сорбированном состоянии; метана в свободном состоянии в угольных пластах, породах угленосной толщи, особенно в песчаниках катагенетически измененных в присутствии метана и разного типа ловушках; водорастворенный метан, как в угле так и в породах.

Многовариантные подсчеты ресурсов метана в Донецком бассейне значительно отличаются друг от друга, но главное – угленосные отложения Донбасса содержат в себе значительные запасы и могут служить объектом промысловой добычи. Они должны рассматриваться как самостоятельные газоугольные (углегазовые) месторождения.

При этом распределение метана в горных породах не имеет четких закономерностей. Условия формирования газовой состава углеводородных пород отличаются от условий образования газовой зональности в угольных пластах. В этом отношении особенно важную роль имеют коллекторские особенности горных пород. В районах развития слабометаморфизированного угля толстые пачки песчаников с высокой пористостью и газопроницаемостью значительно водонасыщены, зона активного газо- и водообмена находится значительно глубже, чем в угольных пластах, газы находятся в свободном и водорастворенном состояниях. На таких участках только в благоприятных условиях наличия различного типа ловушек с резко осложненными условиями водо- и газообмена могут накапливаться значительные объемы углеводородных газов. Практика геологоразведочных работ на уголь показывают, что в ряде случаев происходит значительное газовыделение из скважин, иногда с катастрофическими последствиями. Горными выработками на глубине 100 м часто раскрывались отдельные ловушки, газ из которых в виде суфляров выделялся с большими дебитами на протяжении длительного периода времени. Ловушками в условиях Донбасса в основном служат флексуроподобные перегибы, купольные или тектонически экранированные зоны, которые часто примыкают к надвигам. Коллекторами выступает поровое или трещинно-поровое пространство

песчаников, угольных пластов, известняков. С увеличением глубины залегания коллекторов, а значит, и давления газа, которое в большинстве случаев приближается к гидростатическому, возрастают частота и интенсивность проявления суффляров. С повышением степени метаморфизма угля коллекторские свойства песчаников, особенно их газопрооницаемость, ухудшаются. Этим, очевидно, объясняется наличие метана в песчаниках под гидростатическим давлением, в которых при проходке выработок происходят выбросы пород и газа. Выбросы, как правило, наблюдаются в зонах развития угля средней степени метаморфизма.

С увеличением степени катагенетических изменений пород и появлением в них свойств хрупкого разрушения возрастают природная трещиноватость пород, возникает трещинная вода и газопрооницаемость. Последняя, с одной стороны, может благоприятствовать дегазации угленосной толщи, а с другой – привести к накоплению значительных объемов углеводородных газов в ловушках.

Специфика угольных пластов как коллекторов углеводородных газов состоит в том, что в отличие от газовых месторождений, где газ находится в легкоподвижной фазе, здесь газ находится преимущественно в сорбированной (связанной с углем) фазе и для его получения необходимо нарушить целостность угольного массива. Как следствие низкой проницаемости угля газоотдача в породном массиве очень низкая.

При геолого-промышленной оценке газоносности угольные месторождения необходимо рассматривать как метано-угольные, разработка которых должна выполняться с обязательным извлечением (упреждающим, сопутствующим) и использованием метана.

На уровне микроструктуры угля определяется положительная роль наложенных тектонических процессов на метаносодержание. Исходя из анализа промышленной марки, технического и элементного анализов, петрографического состава и трещиноватости углей, как факторов метаносности, на примере пластов m_3 , l_1 , l_4 шахты им. А.Ф. Засядько, установлено, что нарушенная мелкоамплитудной тектоникой или трещиноватостью часть пласта должна быть максимально газоносной и опасной по внезапным выбросам [2, 5, 11].

Следует отметить, что в период формирования угольных пластов и вмещающих их пород, а также в постформационный период они испытывали влияние тектономагматической активизации. Вследствие таких перестроек в сформированном углепородном массиве происходила смена зон и количества содержания углеводородов. В результате исследования остаточной газовой составляющей в угольных пластах можно утверждать, что при приближении к зонам разломов в пробах увеличиваются объемное количество газа и качественная составляющая определенных газов. Из полученных результатов исследований изменения остаточных газов в углях и вмещающих породах следует, что определяющее влияние на современное газовое состояние углепородного массива имеют разрывные нарушения [14, 16].

Установлено также, что значительно большую роль, чем складчатые дислокации в геологической структуре района и формировании газонасыщенности углепородного массива, играет разрывная тектоника самых разных масштабов (от региональных до внутрислопастовых) и ориентировок.

Для Донбасса, в целом, принята морфологическая классификация разрывных нарушений [1, 3, 5, 6, 12, 15]. В зависимости от угла наклона сместителя и видимого смещения пластов пород в крыльях все нарушения подразделяются на надвиги, взбросы и сбросы. В последние годы в классификацию были введены разрывы с косым смещением крыльев: сбросо- и взбросо-сдвиги. Однако на практике при геологоразведочных и горно-эксплуатационных работах они не выделяются.

В количественном отношении на всех уровнях доминируют надвиги и взбросы (рис. 2). Сбросы встречаются реже (особенно на региональном и мезорегиональном уровнях) и обычно тяготеют к южной части площади исследуемого района. Они характеризуются крутыми углами падения ($70-80^\circ$), сравнительно простой морфологией, прямолинейным сместителем и незначительными амплитудами смещения (до 50 м).

Основную массу разломов регионального и мезорегионального уровней составляют надвиги. Среди известных наиболее крупных надвигов отмечаются как поперечные, так и продольные к простиранию пород разрывы. Среди поперечных структур наибольшей протяженностью и амплитудой характеризуются Первомайский, Калиновский и Французский надвиги. Французский надвиг трассируется по диагонали через весь Донецко-Макеевский район с юго-запада (поля шахт им. Горького, «Петровская») на северо-восток (поля шахт «Ясиновская-Глубокая», «Северная») почти на 50 км, с максимальной амплитудой 500-600 м.

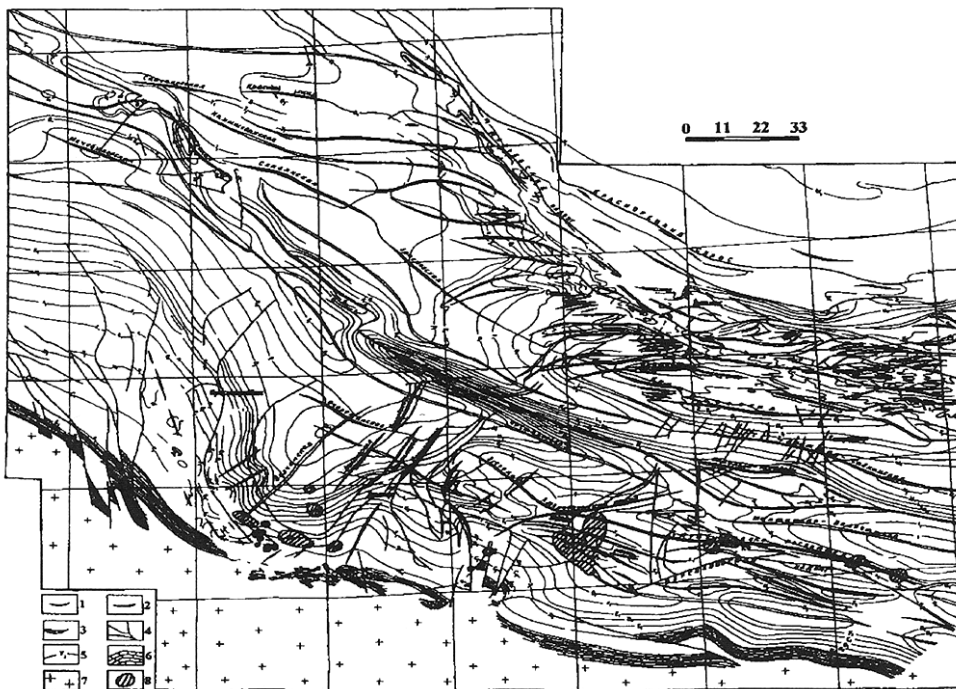


Рис. 2 Обзорная геологическая карта Донецкого бассейна

Условные обозначения: 1 – оси антиклиналей; 2 – оси синклиналей; 3 – флексуры; 4 – тектонические нарушения; 5 – маркирующие горизонты; 6 – карбонатные породы; 7 – кристаллические породы докембрия; 8 – районы влияния интрузий на метаморфизм углей.

Среди продольных надвигов самой заметной структурой считается Мушкетовский надвиг, выделенный в южной части района и прослеженный от поля шахты «Моспинская» до поля шахты им. Скочинского (35-40 км) с максимальной амплитудой смещения 350-400 м в юго-восточной части.

Надвиги характеризуются более сложной морфологией, чем сбросы. Их смесители извилисты, часто имеют дугообразную форму. Углы падения изменяются по простиранию и падению. В их крыльях широко развиты складчатые подвороты. Часто надвиги сопровождаются многочисленными апофизами.

Если классифицировать по ориентировке в плане, то для Донецко-Макеевского района можно выделить три основные системы разрывов: северо-восточные (азимут $20-60^{\circ}$), субширотные – северо-западные (азимут простирания $260-310^{\circ}$) и субмеридиональные (азимут простирания $330-360^{\circ}$). В количественном отношении преобладают разрывы первых двух ориентировок.

Кроме разрывов с более-менее выдержанной пространственной ориентировкой, можно выделить группу разрывов (преимущественно надвигов), смесители которых

изменяют свою ориентировку по простиранию. Например, Итальянский и система поперечных надвигов Ряснянской синклинали (Марковский и др.), которые имеют в плане дугообразную форму.

Группа нарушений северо-восточной ориентировки представлена пологими надвигами с северо-западным (Французский, Калининский, Пантелеймоновский, Тимошенко и др.) или юго-восточным (Первомайский, Пролетарский, Ясиновский и др.) падением смесителей.

Среди субширотных – северо-западных нарушений отмечены как надвиги, так и сбросы. Например, Мушкетовский и Коксовый надвиги (с северо-восточным падением), Ливенский сброс; сброс и взброс «Провиданс». Аналогичный набор морфологических типов разрывов характерен и для нарушений субмеридиональной ориентировки (см. рис. 2).

Крупные разломы делят Донецко-Макеевский углепромышленный район на отдельные тектонические блоки. Наиболее важной в этом плане является структурная линия, образованная Калининским, Первомайским надвигами и Калиновским куполом. К востоку от этой линии сосредоточены основные складчатые дислокации района, разбитые густой сетью мезорегиональных надвигов и прочих разрывов. К западу от этой линии породы угленосной толщии менее дислоцированы: складчатые деформации практически отсутствуют, интенсивность проявления разрывной тектоники снижается. В свою очередь этот блок может быть разделен на две части широтной структурной линией, образованной Орджоникидзевским, Ново-Чайкинским, Софиевским пологими надвигами и широтными фрагментами Французского, Коксового и Мушкетовского надвигов. В северном блоке расположены Ветковская и Чайкинская флексуры с сопровождающими их надвигами. Вся разрывная тектоника в них тяготеет к зонам этих структур. Тектонический облик южного блока определяют в основном крутопадающие взбросы и сбросы северо-западной – субмеридиональной ориентировки.

В свою очередь, в пределах крупных блоков можно выделить более мелкие блоки, ограниченные разрывами 3-4 и более мелких порядков.

Трещинно-разрывная тектоника. *Первичная трещиноватость пород и углей.* Самым многочисленным и распространенным видом трещинно-разрывных структур в породах и углях Донецко-Макеевского района являются трещины отдельности, создающие региональный фон трещиноватости. Это самые ранние дислокации и в генетическом отношении большинство исследователей [1, 12] считают их трещинами отрыва. Образованы они на стадии литификации и последующего метаморфизма первичных терригенных осадков. Главную роль при этом играли дегидратация осадка и гидроразрыв образующихся пород. Образование трещин было обусловлено процессами, происходящими в самом осадке и образующихся породах. Этот тип трещин относят к так называемому «эндокливажу».

В морфологическом отношении – это прямолинейные, слабо приоткрытые трещины, пересекающие отдельные слои и пачки пород с ровными, гладкими стенками, без каких-либо следов тектонических перемещений. Характерной особенностью является их повсеместная ортогональность плоскостям напластования (это трещины нормальносекущие).

Трещины эти распространены повсеместно, но наиболее многочисленны в углях средних стадий метаморфизма (от К до Т), где их интенсивность может составлять несколько сот трещин на метр. В угле по этим трещинам часто развиты пленки и налеты кальцита и глинистых минералов.

Обычно в породах присутствуют несколько систем нормальносекущих трещин (до восьми). Наиболее многочисленными, как правило, являются трещины двух ортогональных ориентировок: продольные и поперечные (по отношению к простиранию пород). В породах Донецко-Макеевского углепромышленного района было замерено и снято с планов горных работ около 350 трещин этого типа.

Менее распространенными, но представляющими несравненно большой интерес являются трещины с так называемой «струйчатостью» на плоскостях смесителей. В отличие от нормальносекущих и обычных тектонических трещин, встречающихся как в

углях, так и во вмещающих породах, трещины этого класса характерны исключительно для углей.

Большинство исследователей [12, 15] склонны рассматривать этот тип трещин, как тектонические образования. Они появляются в углях марок переходных от Г к Ж, наиболее многочисленны в углях марок К, ОС и исчезают в углях марок, переходных от Т к А. Устанавливается определенная связь этих трещин также с петрографическим составом углей. 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 – прочностными свойствами (микротвердость, крепость) гелефицированных компонентов. В целом, у углей средних стадий метаморфизма встречаемость этих трещин в 1,5-2 раза ниже, чем у углей остальных марок и типов.

Это значит, что трещины возникли уже после того, как эти различия в физико-механических свойствах полностью оформились, т.е. после завершения процессов регионального метаморфизма. Следовательно, они моложе первичных (нормальносекущих) трещин и их образование связано с процессами тектонического развития района. Наблюдения в горных выработках подтверждают подобные возрастные взаимоотношения – на участках с интенсивным развитием трещин со «струйчатостью» первичная трещиноватость практически полностью перерабатывается и наблюдается лишь в небольших фрагментах. В то же время трещины со «струйчатостью» в свою очередь, перерабатываются обычными тектоническими трещинами с зеркалами скольжения, штрихами и бороздами.

В морфологическом отношении трещины со «струйчатостью» похожи на обычные сколовые трещины: имеют сравнительно ровные поверхности, на которых отчетливо видны морфологические элементы («струйчатость») – характерны тонкие штрихи, бороздки и валики, часто сходящиеся под острым углом (угол может колебаться от 5 до 20°). Из-за густой штриховки поверхности трещин никогда не бывают гладкими и зеркально блестящими. Не отмечается вдоль них и перетертого угля, впрочем, как и каких-либо заметных смещений элементов угольных пластов.

Этим своеобразие указанных трещин не ограничивается. Были проведены замеры трещин и «струйчатости» на различных шахтах Донецко-Макеевского района, расположенных в разных геолого-структурных условиях, на различных глубинах разработки в угольных пластах от g_2 до m_3 (рис. 3). Для всех изученных участков удалось установить некоторые общие закономерности:

- практически отсутствуют системы крутопадающих трещин этого типа северо-восточной ориентировки;
- линии скольжения («струйчатость») на стенках трещин любой ориентировки субпараллельны (т.е. кинематические плоскости коллинеарны) и пересекаются вдоль единой оси;
- ориентировка этой оси в пространстве (ее простираение) выдержана для всей площади.

Поля напряжений. Анализ литературных источников позволяет утверждать [3, 4, 5, 7, 9], что горные породы в Донецко-Макеевском районе находятся под воздействием тектонических напряжений. При проведении замеров напряжений методом разгрузки на шахте им. К.И. Поченкова [4, 9] установлено, что вертикальная составляющая суммарных напряжений в 2,8 раза выше расчетной для этой глубины. Аналогичные замеры на шахте им. Сkochинского («Петровская-Глубокая») [4, 5] показали превышение здесь в 1,5 раза расчетных как горизонтальной, так и вертикальной составляющих тензора напряжений. По абсолютному значению горизонтальные напряжения не уступают, а на отдельных участках превосходят вертикальные. О существовании повышенных горизонтальных напряжений

на поле этой шахты свидетельствует и тот факт, что большинство полостей выбросов пород здесь ориентировано субвертикально.

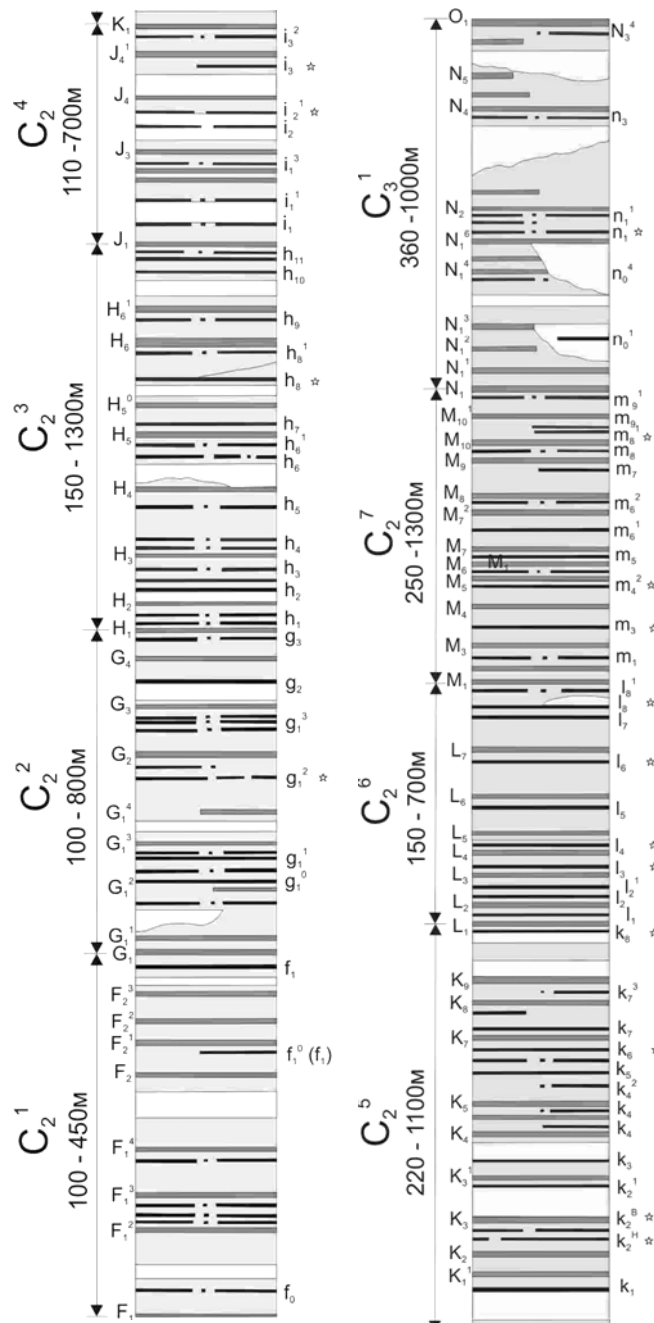


Рис. 3 Схема индексации угольных пластов и маркирующих известняков среднего карбона Донецкого бассейна (по М.Л. Левенштейну и др., 1991)

Повышенные деформации и напряжения в близгоризонтальной плоскости отмечались и на других шахтах района. При проведении наблюдений в зонах геологических нарушений на Буденовском комплексе шахт (поля шахт «Мушкетовская», № 9 «Капитальная», «Глубокая») установлено, что на некотором удалении (4-5 м) от

смещителей мелкоамплитудных нарушений горизонтальные деформации и напряжения превосходят вертикальные в 2-3 раза. Вблизи смещителей преобладают деформации в субвертикальной плоскости [7].

Подобные исследования, проводившиеся в зонах активных по выбросам мелкоамплитудных разрывов на шахтах № 7-8 им. М.И. Калинина также показали, что здесь преобладают напряжения и деформации в плоскости пласта. После выбросов эти напряжения, как правило, исчезают.

Хотя все эти наблюдения имеют пока фрагментарный характер, они дают наглядное представление о характере тектонических напряжений, действующих в настоящее время в угленосной толще. Судить об ориентировке осей напряжений этого поля можно лишь по косвенным признакам.

В свое время Г.А. Коньковым [10] при систематизации наблюдавшихся вертикальных колебательных движений земной поверхности в Донбассе была установлена их зональность. Участки опусканий поверхности чередуются в плане с участками воздымания и разделены участками знакопеременных (контрастных) движений. На карте эти зоны формируют отчетливые полосы северо-восточной ориентировки (рис. 4). Тектонические напряжения в угленосной толще района действуют и в настоящее время. Они являются унаследованными от альпийских тектонических движений и характеризуются такой же ориентировкой осей главных нормальных напряжений.

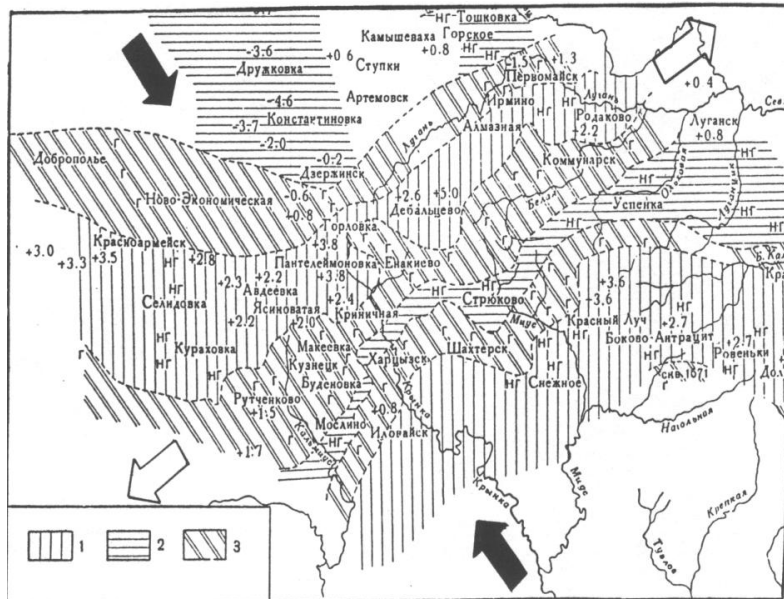


Рис. 4 Зоны современных тектонических движений Донбасса и распределение газоносности угольных пластов (Г.А. Коньков, 1962)

Условные обозначения: 1 - зоны современных поднятий (негазоносные и слабогазоносные), 2 - зоны современных относительных опусканий (газоносные или слабогазоносные), 3 - зоны современных контрастных движений (газодинамические).

Прогноз горно-геологических условий отработки. Основные осложняющие факторы ведения горных пород в Донецко-Макеевском районе следующие:

- наличие тектонических нарушений;
- возможность внезапных газодинамических проявлений;
- наличие горно-геологических условий для внезапных обрушений пород кровли.

Тектонической нарушенностью в той или иной мере затронуты все шахтные поля и обрабатываемые угольные пласты. Большинство случаев остановки, перенарезки лав или уменьшения их подвигания (и соответственно добычи) вызвано встречными

тектоническими нарушениями. При этом ни крупные или средние разрывы, ни первичная трещиноватость существенных осложнений не вызывают. Первые в своем большинстве выявляются и геометризуются еще на стадии геологоразведочных работ, негативное влияние первичной трещиноватости незначительно и нейтрализуется комплексом технологических мероприятий. Основную сложность и опасность представляют практически не выявляемые геологоразведочными работами мелкоамплитудные разрывы (с амплитудами до 10 м). Эта группа нарушений является наиболее многочисленной (от 80 до 95% от общего количества разрывов). Именно их прогноз и своевременное выявление наиболее сложны и проблематичны.

От 70 до 100% мелкоамплитудных разрывов в пределах отработанных шахтами Донецко-Макеевского углепромышленного района угольных пластов сосредоточено в «тектонополосах». Основная масса «тектонополос» района – это зоны скалывания, генетически связанные со сдвигами. В качестве примера можно рассматривать интенсивность проявления и характер пространственного распределения мелкоамплитудной тектоники на полях шахт им. В.И. Ленина, «Калиновка-Восточная», с одной стороны, и им. К.И. Поченкова и «Красногвардейская» - с другой. Для первой группы шахт характерно широкое развитие сдвигов. Мелкоамплитудная тектоника сконцентрирована в нескольких «тектонополосах», которые с определенным шагом рассредоточены по всей площади отработки. Для второй группы шахт, сдвиги и сдвиговые зоны не зафиксированы. Мелкоамплитудная нарушенность проявляется здесь в значительно меньших масштабах и тяготеет к крупным тектоническим структурам – флексурам и надвигам.

Важным, осложняющим ведение горных работ фактором, являются геодинамические явления (суфляры, выбросы угля, породы и газа). В настоящее время не существует единого мнения о причинах возникновения, механизмах и условиях проявления внезапных выбросов. Однако непосредственную связь этих явлений с мелкоамплитудной нарушенностью отмечают все исследователи вне зависимости от того, что считают их основной причиной – газ или напряженное состояние горного массива.

На основании анализа статистических данных по Донецко-Макеевскому углепромышленному району отмечается, что внезапные выбросы, как правило, происходят в мелких геологических нарушениях, являющихся апофизами крупных, или же группируются в активном крыле крупного геологического нарушения, на некотором расстоянии от смесителя. Максимальная амплитуда явно выраженного дизъюнктивного нарушения, в котором зарегистрированы выбросы, не превышала 2 м. В крупных дизъюнктивных нарушениях внезапные выбросы не зафиксированы.

В большинстве случаев никаких предпочтительных выбросоопасных тектонических дислокаций не выделяется либо для разных районов выделяются разные типы (по морфологии и ориентировке) пликтивных и дизъюнктивных нарушений. Во всех исследованных выбросоопасных тектонических дислокациях отмечаются повышенная тектоническая препаляция угля выбросоопасных пластов, многочисленные микроскладки и послойные зеркала скольжения в угле и во вмещающих породах. Подавляющее количество выбросов происходит в геологических нарушениях, которые характеризуются высокой степенью перемятости угля.

При анализе распределения выбросов на полях шахт Донецко-Макеевского углепромышленного района установлено, что основная масса этих явлений сосредоточена на площадях, наиболее сильно пораженных сдвиговой тектоникой. Так, в выработках шахт №7-8 им. Калинина все случаи внезапных выбросов и явлений, предшествующих выбросам, происходили в зонах мелкоамплитудных (вертикальные амплитуды смещения до 0,5 м) правых взбросо-сдвигов либо в зонах смятия пород кровли и угля в крыльях этих нарушений. В зонах, наиболее активных по внезапным выбросам геологических нарушений отмечалось повышение (на 6-8⁰) температуры горного массива.

Для выявления закономерностей пространственного размещения зон выбросов и сдвигов для полей Буденовского и Петровского комплекса шахт, где сконцентрирована

основная масса отмеченных газодинамических явлений и широко развиты сдвиговые дислокации, составлены карты интенсивности выбросопроявлений (рис. 5). Построения проведены с использованием уменьшенных до масштаба 1:25 000 планов горных работ по пластам h_8 , h_{10} (Буденовский комплекс шахт) и h_7 (Петровский комплекс). Оценка частоты и интенсивности выбросопроявлений проведена методом «скользящего окна»: в пределах выработанного пространства подсчитывалось количество выбросов для площадей 200x200 м. Полученные значения присваивались центральной точке квадрата, после чего точки сетки соединялись изолиниями. Установлено, что выбросы распределяются в пространстве закономерно относительно сдвиговых зон. В самих зонах они приурочены к краевым участкам отдельных разрывов (кулис), т.е. участкам концентрации повышенных касательных напряжений. Но значительно большее их количество приурочено к крыльям сдвиговых зон, где они сконцентрированы в вытянутых или изометричных сравнительно компактных областях. Осевые линии этих областей имеют северо-восточную – субмеридиональную ориентировку. Изолинии максимальной плотности выбросов в этом случае пространственно совмещаются с зонами вторичных дислокаций угленосной толщи, которые компенсируют в крыльях сдвигов основную подвижку за счет дифференциальных послонных смещений. Закономерность увязки выбросов и сдвигов обуславливается тем, что последние являются производными самого молодого, действующего в горном массиве и в настоящее время поля тектонических напряжений, т.е. активными развивающимися структурами. Несомненно существует пространственная и генетическая связь сдвиговой тектоники и выбросов, которая может быть использована при составлении горно-геологических прогнозов. Так, на стадии регионального прогноза идентификация и выделение сдвиговых зон и площадей развития сдвиговой тектоники позволит определить потенциально выбросоопасные районы. На локальном уровне, в зависимости от морфологии и ориентировки сдвиговой зоны, можно прогнозировать конкретные наиболее выбросоопасные участки (концевики отдельных сместителей, площади развития вторичных дислокаций в их крыльях и т.п.).

Тектонические дислокации, как правило, сопровождаются трещиноватыми, слабоустойчивыми и легкообрушаемыми породами. В зонах геологических нарушений нередки обрушения вмещающих пород и даже завалы горных выработок. Общепринятым считается, что ширина зоны дислоцированных пород в окрестностях разрыва зависит прежде всего от амплитуды (при этом чаще подразумевают нормальную или видимую амплитуду разобщения маркеров в крыльях). Морфолого-кинематический тип разрыва при этом играет существенно меньшую роль. Величина зоны влияния разрывного нарушения зависит от размеров и механизма его образования. С уменьшением масштаба разрыва зона его влияния становится меньше. Для прогнозирования взрывоопасных зон в углепородном массиве используется выражение (1). Зависимость зоны пониженной крепости ($V_{кр}$) от амплитуды разрыва в общем виде выражается формулой:

$$V_{кр} = k N^n, \quad (1)$$

где $V_{кр}$ – ширина зоны пониженной крепости, устанавливаемая в плоскости пласта перпендикулярно к линии скрещения для каждого крыла нарушения; N^n – нормальная стратиграфическая амплитуда разрыва, где $n < 1$; k – коэффициент, учитывающий особенности условий формирования месторождения, структуру и свойства. Для вмещающих пород значение коэффициента « k » значительно меньше, чем для углей [5].

Для нарушений с амплитудами от 0,5 до 10 м эта формула приобретает вид:

$$V = (1,5-2,5) \cdot N^{1/2}.$$

Заключение. Основная часть углепородных массивов (масса «тектонополос»), в которых сконцентрировано большинство мелкоамплитудных разрывов Донецко-Макеевского углепромышленного района является зонами скалывания, генетически связанными со сдвигами. Прогноз мелкоамплитудной тектоники упрощается, если прогнозировать целые зоны, а не отдельные разрывы. При этом могут быть использованы некоторые известные и установленные особенности сдвиговых зон:

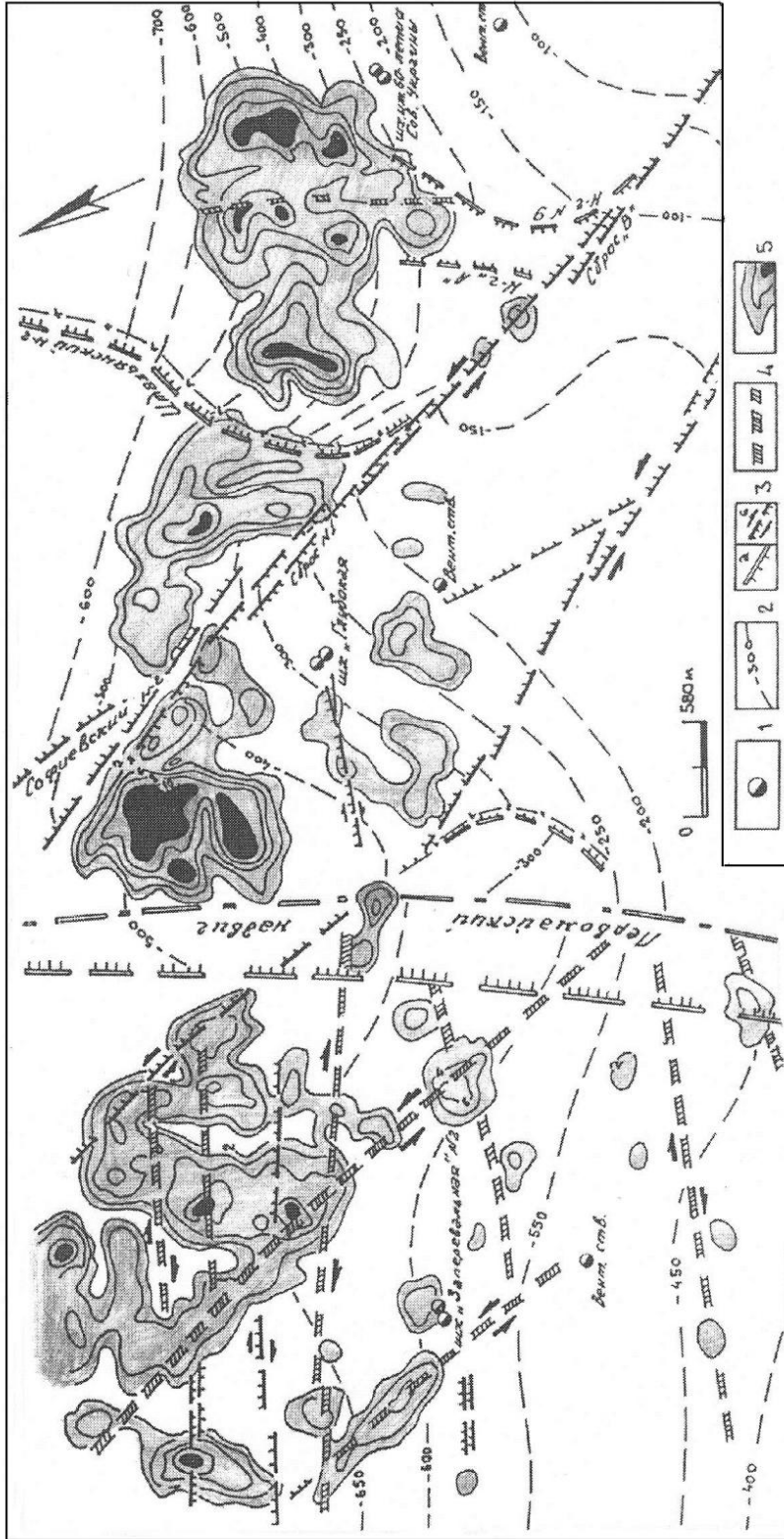


Рис. 5 Количественный анализ распределения выбросов на площади Буденовского комплекса шахт (горные работы по пластам h_{10} , h_8)
 Условные обозначения: 1 – шахтные столбы; 2 – изогипсы пласта; 3 тектонические разрывы: надвиги (а), сдвиги и прочие разрывы (б); 4 – «тектонополосы» (зоны тектонических нарушений); 5 – изолинии плотности распределения выбросов.

- выдержанность ориентировки в пределах отдельных шахтных полей и всего района;
- значительная протяженность по простиранию и падению при крутом или субвертикальном падении;
- кулисообразное строение (левый ряд кулис для левых и правый для правых сдвигов);
- «сквозной» характер сдвиговых зон; (изменение характера сдвиговых зон на разных уровнях при сохранении главного разрывного направления)
- характерный структурный парагенезис.

Установленные морфологические особенности сдвигов, выделенные структурные парагенезисы сдвиговых зон позволяют по одному из элементов не только предположить типы нарушений, но и примерную ориентировку в пространстве, некоторые параметры других элементов парагенезиса.

Эти особенности можно использовать для прогнозных построений на всех стадиях геологоразведочных работ. Сдвигами, как самыми молодыми и активными в современном поле напряжений структурами, контролируется и основная масса зафиксированных выбросов.

При этом газодинамические явления приурочены не только к самим зонам, но и в большей мере к площадям развития послонных компенсационных дислокаций (хрупких и пликативных) в их висячих крыльях.

Выделение сдвиговых зон позволяет прогнозировать газоносность осложняющую горно-геологические работы выбросами, тектонической нарушенностью и обрушениями.

При определении углеводородного потенциала Донецко-Макеевского углепромышленного района и Донецкого бассейна, в целом, следует учитывать также генерационный потенциал подугольной формации нижнего карбона, где сосредоточены породы, содержащие значительные концентрации органического вещества, которые при благоприятных геологических условиях могли бы продуцировать углеводороды, а также возможность проявления глубинного (углеводородного) подтока.

1. Аммосов И.И. Трещиноватость углей / И.И. Аммосов, И.В. Еремин. – М.: Наука, 1961. – 110 с.
2. Вергельская Н.В. Геологическая характеристика угольного пласта т₃ и вмещающих пород на шахте им. А.Ф. Засядько / Н.В. Вергельская, А.В. Ткаченко, Л.А. Пристинская // Актуальные вопросы литологии. М-лы 8 Урал. литолог. совещ., Екатеринбург, 2010 г. – 2010. – С. 54-56.
3. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины: в 3 т. / УкрНИМИ НАН Украины. Т. 1. – Геология и газоносность западного, юго-западного и южного Донбасса / [А.В. Анциферов и др.]. – Донецк : Из-во Вебер, 2009. – 456 с.
4. Галушко П.Я. Результаты исследований напряжений в массиве горных пород / П.Я. Галушко // Изв. вузов. – 1968. – № 11. – С. 22-25.
5. Геологічні роботи на вугледобувних підприємствах України. Інструкція. – Київ: Мінпаливенерго України, 2001. – 384 с.
6. Забигаило В.Е. Геологические основы теории прогноза выбросоопасности угольных пластов и горных пород / В.Е. Забигаило. – Киев: Наук. думка, 1978. – 164 с.
7. Зубарев Ю.П. О повышенных напряжениях в зонах тектонических нарушений / Ю.П. Зубарев, Г.П. Шестаков // Измерение напряжений в массиве горных пород. – Новосибирск, 1974. – С. 125-127.
8. Майский Ю.Г. Термобарогеохимические условия формирования Краснодонецкого метанугольного месторождения (Восточный Донбасс) / Ю.Г. Майский, И.В. Труфанов // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Естеств. науки. – 2008. – № 2. – С. 113-117.
9. Недашковский И.В. Исследования напряженного состояния выбросоопасных пластов методами гидроразрыва и розгрузки / И.В. Недашковский, С.Н. Недвига // Вопросы теории выбросов угля, пород и газа. – Киев: Наук. думка, 1973. – С. 47-80.
10. Орищенко И.В. Методология самоподобия геологических сред / И.В. Орищенко. – Киев, 2004. – 183 с.
11. Радзівілл А. Спосіб визначення залишкової газової складової вуглепородного масиву Донбасу / А. Радзівілл, Н. Вергельська, М. Соболев // III Донецька Міжнар. наук.-практ. конф. «Оцінка, видобуток та використання нетрадиційних видів газу: залучення інвестицій», 2013 // Геолог України. – 2013. – № 3. – С. 35-40.

12. Соловьев Б.А. К вопросу о происхождении трещин отдельности в каменноугольных отложениях Донецкого бассейна / Б.А. Соловьев // Геотектоника. – 1985. – № 5. – С. 91-101.
13. Труфанов В.Н. Роль процессов углеводородной флюидизации в формировании метаноугольных месторождений/ В.Н. Труфанов, М.И. Гамов, И.В. Рыбин, А.В. Труфанов // Нетрадиционные ресурсы углеводородов: распространение, генезис, прогнозы, перспективы развития: Материалы Всерос. конф. с международным участием 12–14 нояб. 2013 г. – М.: ГЕОС, 2013. – С 273-276.
14. Труфанов В.Н. Основы прикладной термобарогеохимии / В.Н. Труфанов, М.И. Гамов, Л.К. Дудкевич, Ю.Г. Майский, А.В. Труфанов. – Ростов н/Д: Изд-во Юж. федер. ун-та, 2008. – 280 с.
15. 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.
16. Stavitsky E.A. Geological prerequisites to evaluate CBM potential of the SW Donets coal basin, Ukraine / E.A. Stavitsky, N.I. Yevdoshchuk, N.V. Vergelska, A.A. Kitchka // Documenta Geonica, 2013/1 IX Czech and Polish "Geology of coal basins" 15-17. 10. 2013. – Ostrava, 2013. – P. 84-90.

М.І. Євдошук¹, Н.В.Вергельська¹, А.М. Кришталь²

**ПРО РОЛЬ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ФОРМУВАННІ
ГАЗОНАСИЧЕНОСТІ ВУГЛЕПОРОДНИХ МАСИВІВ ДОНЕЦЬКО-МАКІЇВСЬКОГО ВУГЛЕПРОМИСЛОВОГО
РАЙОНУ**

Основна частина вуглепородних масивів, в яких сконцентрована більшість дрібноамплітудних розривів Донецько-Макіївського вуглепромислового району є зонами сколювання, генетично пов'язаними з зонами порушень і як наслідок зонами прояву газодинамічних явищ. Встановлено морфологічні особливості порушень і структурні парагенезиси зсувних зон з газонасиченістю вуглепородних масивів Донецько-Макіївського вуглепромислового району.

Ключові слова: Донецько-Макіївський вуглепромисловий район, тектонічні дислокації, дрібноамплітудні порушення, вуглепородний масив, газонасиченість

M. Yevdoshchuk¹, N. Vergelska¹, A. Krishtal²

**INFLUENCE OF GEOLOGICAL AND MINING CONDITIONS AND PHYSICAL-CHEMICAL FACTORS ONTO GAS
SATURATION OF COAL ROCK MASSIFS IN THE DONETSK-MAKIIVKA COALMINE DISTRICT**

The main part of coal rock massifs is characterized by presence of small-amplitude faults in the Donetsk-Makiivka coalmine district that represented by shear zones genetically linked to strike-slip faults resulting in gas dynamic phenomena manifestations. Morphological peculiarities of the strike-slip faults and structural paragenesis of shear zones with gas saturation of the coal rock massifs in the Donetsk-Makiivka coalmine district are recognized.

Key words: Donetsk-Makiivka coalmine district, tectonic dislocations, small-amplitude faults, coal rock massif, gas potential.

¹Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ
Євдошук Микола Іванович
e-mail: myevdoshchuk@rambler.ru
Вергельська Наталія Вікторівна
e-mail: vnata09@meta.ua
тел. 486-63-58

²ООО «Єврогаз Україна», м. Київ
Кришталь Анна Миколаївна
e-mail: anna_evdoschuk@hotmail.com

Стаття надійшла: 03.10.2013