

Закономерности изменения свойств каменноугольных отложений Донбасса

Представлены результаты исследований пористости, плотности, нарушенности, прочности осадочных пород в разных районах Донбасса. Показано, что степень тектонических воздействий на породы увеличивается на северо-восток бассейна. Полученные данные согласуются с результатами сейсмического зондирования.

Уголь для Украины – главное сырье в энергетике, которое влияет на все базовые отрасли промышленности, поэтому угледобывающую промышленность необходимо совершенствовать, повышая производительность труда, безопасность работ, экологическое состояние среды.

Эти направления целенаправленно и успешно развиваются в Институте геотехнической механики НАН Украины, в частности в Лаборатории исследования структурных изменений горных пород, в задачи которой входит выявление геологических и геомеханических закономерностей формирования и преобразования пород.

Процессы (физический, физико-химический, физико-механический и др.), происходящие в минеральном, органическом или ином веществе, связаны с изменением его структуры. Такие изменения или преобразования можно разделить на природные – без влияния человека (катагенез, метаморфизм, магматизм и т. д.) и техногенные, связанные с воздействием человека на природную среду (горные, горноперерабатывающие, взрывные работы и др.).

Проанализировав на примере угледобывающей и горнорудной промышленности исследования структурных превращений и связанных с ними изменений свойств и состояния горных пород в раз-

ных геомеханических условиях, можно констатировать недостаточную изученность таких базовых параметров, как структурные преобразования пород и минералов в стратиграфическом разрезе земной коры и влияние этого преобразования на горно-геологические условия. Существенное увеличение глубины отработки полезных ископаемых (до 1400 м и больше) за последние десятилетия объективно свидетельствует о необходимости поиска новых геомеханических закономерностей и природных явлений, их описания и последующего использования в качестве методического и технологического обеспечения для развития горной промышленности.

Работа геологов сводится к получению информации и передаче ее горнякам, которые непосредственно разрабатывают уголь. Эта информация постоянно пополняется новыми данными, некоторые старые представления меняются, поэтому требуется мониторинг трансформации горно-геологических условий и предоставление данных специалистам угледобывающих предприятий. В последнее время геологи получили новые интересные результаты и закономерности, нередко в корне меняющие существовавшие ранее представления о строении или свойствах месторождения или целого бассейна.



В. А. БАРАНОВ,
доктор геол. наук
(ИГТМ НАН Украины)

В конце прошлого столетия отечественные геофизики совместно со специалистами Западной Европы и США осуществили проект сейсмического зондирования отложений вкрест протяжения Донбасского складчатого сооружения (ДСС), названный «Добре». В результате исследований старые представления о формировании этого угольного бассейна необходимо корректировать с учетом новых сведений. В соответствии с ними общей инверсии пород на территории Донбасса не было. Было поднятие осадочных пород в результате внедрения мантийного диапира с центром в северо-восточной части бассейна. Действие диапира в начале ранней перми привело к повышенной степени уплотнения пород в Донбассе, по сравнению с отложениями Днепровско-Донецкой впадины, несмотря на то, что время и условия формирования этих массивов во многом сходны [1, 2].

Поскольку данные геофизиков косвенные, был выполнен комплекс работ по региональному исследованию изменения плотности, прочности, нарушенности и пористости карбоновых отложений Донбасса (пробы в разных районах ДСС отбирались из Московского яруса среднего карбона), в частности, с его юго-западных окраин, через центральную часть, до северо-восточного борта [3–6]. Исследования

показали, что максимальное уплотнение отложений наблюдается в Центральном районе, что является известным фактом [7]. При рассмотрении юго-западного района (Красноармейского) и северо-восточных (Краснодонского и Алмазного) отмечается более сильное уплотнение именно на северо-востоке бассейна. Так как марочный состав углей Краснодонского и Красноармейского районов сопоставим, значит и условия формирования отложений были примерно одинаковы (мощность покрывающей толщи, палеотемпературы и т. д.). В таком случае на свойства пород влияет только степень тектонических напряжений, которая на северо-востоке была выше и стала причиной более сильной степени уплотнения находящихся там отложений.

Минимальное уплотнение пород участка Брагинский, Павлоградско-Петропавловского района и отсутствие там значительных тектонических напряжений вполне согласуются с полученными результатами. Из рис. 1 следует, что при катагенетических изменениях преобразуются все составляющие цементирующей массы и это, в конечном счете, влияет на прочностные характеристики пород, поскольку прочность кварца как в раннем, так и в позднем катагенезе практически не меняется. Таким образом, минералогия цемента и его трансформация в катагенезе ответственны за прочностные характеристики исследованных пород.

Анализ средних значений предела прочности пород на сжатие для отложений среднего катагенеза Донбасса показал, что прочность осадочных пород (как и плотность) закономерно увеличивается в северо-восточном направлении. На рис. 2 представлена указанная зависимость, причем прочность пород (усредненная) в Краснодонском геолого-промышленном районе сопоставима с таковой для Центрального. Отложения Алмазного района (на старых картах Алмазно-Марьевского) характеризуются свойствами, подобными отложениям Донецко-Макеевского района, несмотря на то, что расположены на северо-восточном борту Донбасса.

На рис. 3 показано уменьшение средних значений пористости от юго-западных районов Донбасса к северо-восточным. Здесь интересным представляется факт соизмеримости значений пористости пород в Центральном и Алмазном районах, находящихся на соизмеримых стадиях преобразования, так как согласно известной парадигме строения ДСС [7] наиболее тектонически уплотненные породы должны быть в центральной части бассейна, а наименее уплотненные – на его бортах. Меньшие значения в Краснодонском районе вполне закономерны из-за отбора образцов с более ранней (стратиграфически) стадии преобразования отложений.

Поскольку степень катагенеза отложений Красноармейского и Павлоградско-Петропавловского районов примерно одинаковая (граница раннего и среднего катагенеза, уголь марки Г), можно констатировать, что для этих условий пористость будет существенно выше в средне- и крупнозернистых песчаниках или в фациях русловых и подводных выносов рек [5, 7]. Более высокие значения пористости наблюдаются в песчаниках участка Брагинский (Павлоградско-Петропавловский район), по сравнению с участками Красноармейского района, при существенно меньших размерах обломочных зерен. Этот факт можно объяснить только большей степенью уплотнения пород Красноармейского района, что существенно не влияло на марочный состав углей.

Для изучения указанных закономерностей в Центральном районе отобрали два участка: Горловский-Глубокий на юго-западе Главной антиклинали и Румянцевский-Глубокий в северо-восточной ее части. Вопреки сопоставимости по возрасту отображенных проб (из отложений Московского яруса) получилась существенная разница в результатах. Значение парной корреляции для проб участка Горловский-Глубокий ($r = 0,49$) намного выше, чем для участка Румянцевский-Глубокий ($r = 0,22$), при этом средний размер зерен в песчаниках последнего даже больше ($d_{cp} = 0,24$ мм), чем у первого ($d_{cp} = 0,22$ мм). К этому прибавляется относительно высокая надежность полученных результатов ($\mu = 5,92$) для участка Горловский-Глубокий и достаточно низкая ($\mu = 1,37$) для участка Румянцевский-Глубокий. Объяснить разницу можно только степенью уплотнения пород (минералогия обломочных зерен и цемента рассматриваемых отложений сопоставимы). Кроме того, значения коэффициента вариации пористости для проб рассматриваемых районов в 1,5 – 2 раза выше, чем в других районах и составляют $V_1 = 47,6\%$ и $V_2 = 46,4\%$. Причина – в существенном уменьшении нижних значений пористости для исследованных участков и, вероятно, для всего Центрального района. Так, если для Красноармейского района меньшее значение пористости отличается от большего в 3 раза, то для Центрального – примерно в 9 раз.

Песчаники районов северо-востока Донбасса, Краснодонского и Алмазного характеризуются сравнительно низкой корреляционной связью пористости и структуры: $r = 0,23$ и $r = 0,21$ соответственно при надежности менее трех. Несмотря на то что они, как и в Красноармейском и Центральном районах, относятся к Московскому ярусу, средняя пористость в 1,5 раза меньше, чем в Красноармейском районе и немногим выше, чем в Центральном. Между собой породы выбранных участков исследуемых районов по значениям пористости отличаются незначительно,

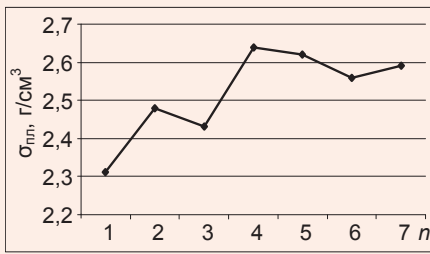


Рис. 1. Распределение средних значений плотности песчаников $\sigma_{пл}$ с запада на восток по геологопромышленным районам n Донбасса: 1 – Павлоградско-Петропавловский; 2 и 3 – Красноармейский; 4 и 5 – Центральный; 6 – Краснодонский; 7 – Алмазный.

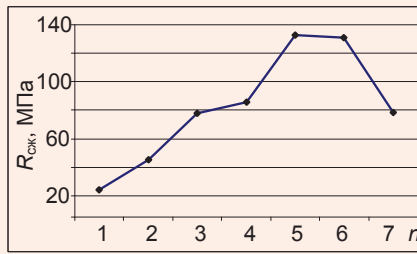


Рис. 2. Распределение средних значений предела прочности на сжатие $R_{сж}$ песчаников с запада на восток по геологопромышленным районам n Донбасса: 1 – Новомосковский; 2 – Павлоградско-Петропавловский; 3 и 4 – Красноармейский; 5 – Центральный; 6 – Краснодонский; 7 – Алмазный.

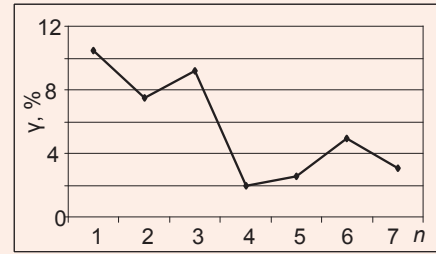


Рис. 3. Распределение средних значений открытой пористости γ песчаников с запада на восток по геологопромышленным районам n Донбасса и маркам угля: 1 – Павлоградско-Петропавловский (Г); 2 и 3 – Красноармейский (Г, Ж); 4 и 5 – Центральный (Ж, ОС); 6 – Краснодонский (Г, Ж); 7 – Алмазный (К, ОС).

вопреки тому, что пробы Алмазного района отобраны из отложений, вмещающих угли более высоких стадий углефикации, чем пробы Краснодонского района. Перечисленные выводы наглядно отражают общую закономерность (см. рис. 1). С юго-запада Донецкого бассейна на северо-восток наблюдается увеличение степени уплотнения. Если учесть, что исследовали сопоставимые песчаники средней стадии катагенеза (градаций МК₂ – МК₅), такую закономерность можно объяснить лишь одним фактором – усилением тектонических воздействий в этом направлении.

Поэтому логично укладывается в полученную закономерность экспериментальный результат существенного увеличения нарушенности поверхности пород Бахмутской котловины относительно Кальмиус-Торецкой [8]. Общая направленность степени геоморфологической расчлененности поверхности исследованных площадей аналогична региональным закономерностям тектонической нарушенности и закономерно увеличивается от юго-западного борта Донбасса к центральным районам.

Вместе с тем наблюдаются локальные особенности тектонической нарушенности как на площади отдельных районов, так и при их сопоставлении. Красноармейский геологопромышленный район достаточно четко разделяется примерно по границе залегания среднего карбона на западную, слабо расчлененную часть, и восточную – сравнительно сильно расчлененную. Если отметить это на карте, можно увидеть, как своеобразной полосой в северном, северо-западном направлениях расположены шахтерские города и поселки, начиная от Горняка, Украинска, Селидово и до Доброполя и г. Белозерское. В восточной части геоморфологическая расчлененность поверхности примерно в 1,5 раза выше, чем на западе райо-

на, где расположено шахтоуправление «Покровское» (бывшая шахта «Красноармейская-Западная» № 1), отрабатывающая нижнекарбоновые угли. Характер тектонической нарушенности в этом районе зависит от того, до каких рубежей дошли основные тектонические усилия мантийного диапира к исследованным участкам. Ограниченное количество надвигов на поле шахты шахтоуправления указывает на относительно слабое воздействие сжимающих, субвертикальных процессов на западе рассматриваемого района.

Деление Донецко-Макеевского района на зоны с разной степенью нарушенности, углами падения пород и углей известно давно, новым можно считать относительную, но количественную характеристику – нарушенность в 1,5 раза выше на востоке по сравнению с западом района [8].

Нарушенность площади Центрального района, сопоставимая с восточной, по сути примыкающей частью Донецко-Макеевского района, вполне логична. Повышенная нарушенность площади Торезско-Снежнянского района с достаточно выдержанными значениями относительно Центрального района хорошо согласуется с новой гипотезой воздействия мантийного диапира.

С учетом новых представлений не вызывает вопросов отсутствие сопоставимости нарушенности площади Бахмутской котловины с Кальмиус-Торецкой. Двукратное различие в значениях нарушенности не может быть случайным или ошибочным. Поскольку обе котловины граничат с Центральным районом, вывод один – они имели разную историю тектонического развития.

Для определения степени нарушенности на соизмеримых палеоглубинах разработан [9] своеобразный индикатор напряженного состояния пород – коэффи-

циент нарушенности K_n , который используется для оценки степени тектонических напряжений на обломочные зерна кварца, оставляющих разное количество пластических деформаций.

Значения указанного показателя сравнивались со степенью катагенеза и тектонической сложностью залегания горных пород Донбасса. Полученные данные свидетельствуют об общем возрастании средних значений пластических микродеформаций с увеличением степени катагенеза и от прибортовых районов к центральной части бассейна.

По данным геоморфологического метода с применением карт и результатам, полученным петрографическим методом в шлифах, отмечается общее повышение нарушенности как на микроуровне, так и на макроуровне от прибортовых районов к центральной части бассейна, несмотря на разные методические подходы (геоморфологическая расчлененность поверхности и микронарушенность определяются на разных структурных уровнях). Увеличение нарушенности в Центральном районе по сравнению с Красноармейским в указанных методах примерно в 2 раза выше.

В Институте геотехнической механики выполнен значительный объем исследований структурных изменений горных пород, который позволил усовершенствовать метод текущего прогноза выбросоопасности горных пород путем бурения опережающих скважин; разработать новые показатели свойств угля и пород, а также новые методы: прогнозирования состояния пород и горного массива с точки зрения динамических и газодинамических явлений; прогноза выбросоопасности горных пород (на основе пяти патентов и авторских свидетельств); определения нижней и верхней границы выбросоопасности и устойчивости горных пород; определения радиуса влияния скважины на выбросоопасность углей и пород и радиуса возможной площади дегазации горного массива; экспресс-метод определения трещиноватости угля и пород. Разработки основываются на определении степени и количества структурных изменений горных пород и имеют важное значение для угле- и рудодобывающих отраслей. Последующие исследования в разных районах Донбасса позволят оценить эффективность новых методов и возможность применения их в таких направлениях геологических исследований, как прогнозирование газоносности, выбросоопасности, устойчивости горных выработок и других горногеологических условий.

Выводы. Как следует из представленных экспериментальных данных, асимметричность комплекса свойств ДСС, представленного терригенными отложениями как на поверхности, так и на глубинах до 1 – 1,5 км, закономерно коррелирует на качественном

уровне с результатами геофизиков. Новые данные важны не только с позиций познания приведенных в статье физико-механических свойств вмещающих пород, но и определения региональных закономерностей изменения их коллекторских свойств. Теперь обоснованно можно утверждать о более развитой трещинной пористости на северо-востоке Донбасса и о более развитой межзерновой пористости на юго-западе в сопоставимых по степени преобразования породах. Повышенная нарушенность отложений Бахмутской котловины может повлиять на разбуривание ее с целью поиска газовых скоплений. Пониженная устойчивость углевмещающих пород западных регионов, по сравнению с восточными, имеет обоснованную и научно подтвержденную причину.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Стовба С. Н.* Сравнительный анализ строения и истории формирования юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины и Донецкого складчатого сооружения / С. Н. Стовба, Р. А. Стифенсон // Геофизический журнал. – 2000. – Т. 22. – № 4. – С. 37 – 61.
2. *Стовба С. Н.* Глубинное строение Донецкого складчатого сооружения по данным региональных работ МОГТ на профиле ДОБРЕ-2000 / С. Н. Стовба, А. П. Толкунов, Р. А. Стифенсон [и др.] // Науковий вісник НГАУ. – 2002. – № 4. – С. 81 – 84.
3. *Баранов В. А.* Влияние структуры на уплотнение карбонных песчаников Донбасса / В. А. Баранов, В. А. Кириченко // Форум гірників – 2010: міжнар. конф.: матеріали. – Дніпропетровськ: НГУ, 2010. – Т. 2. – С. 126 – 130.
4. *Баранов В. А.* Влияние структуры на прочность песчаников Донбасса / В. А. Баранов // Геотехническая механика. – 2009. – № 83. – С. 66 – 72.
5. *Баранов В. А.* Влияние структуры на пористость песчаников Донбасса / В. А. Баранов // Геотехническая механика. – 2010. – № 88. – С. 70 – 76.
6. *Баранов В. А.* Региональная прогнозная оценка нарушенности горных пород / В. А. Баранов, П. Н. Калашник // Форум гірників – 2008: міжнар. конф.: матеріали. – Дніпропетровськ: НГУ, 2008. – С. 24 – 28.
7. *Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР* [гл. ред. С. А. Скробов]. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – Т. 1. – 1210 с.
8. *Нагорный В. Н.* Влияние особенностей геологического развития бассейнов на закономерности регионального метаморфизма углей (на примере Донбасса): автореф. дис. на соискание науч. степени д-ра геол.-мин. наук: спец. 04.00.16 «Геология твердых горючих ископаемых» / В. Н. Нагорный. – Ленинград: ВСЕГЕИ, 1980. – 47 с.
9. *Баранов В. А.* Структурні перетворення пісковиків Донбасу і прогноз їх викидонебезпечності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук: спец. 04.00.16 «Геологія твердих горючих копалин» / В. А. Баранов. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 35 с.