

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПЕСЧАНИКОВ ДОНБАССА

Визначені основні закономірності зміни фізико-механічних властивостей пісковиків Донбасу, їх залежність від структури. Співставлення міцності і розміру уламкових зерен пісковиків виконано в різних районах і різних по ступеню катагенезу породах.

INFLUENCE OF STRUCTURE ON DURABILITY OF DONBASS SANDSTONES

Basic conformities to the law of change of physical and mechanical properties of Donbass sandstones from their structure are certain. Comparison of durability and size of fragmental corns of sandstones is executed in different districts and breeds different on the degree of katagenesis.

50-е ÷ 70-е годы 20-го столетия для Донецкого угольного бассейна характеризовались не только восстановлением разрушенной в военные годы угольной промышленностью, но и дальнейшим ее развитием как по площади (введение в эксплуатацию новых районов и Западного Донбасса), так и по глубине. Оба фактора привнесли новые проблемы в отрасль, особенно в направлении изменения горно-геологических условий.

Так, угленосные отложения Западного Донбасса характеризуются относительно низкой прочностью, повышенной влажностью и выдавливаемостью пластичных аргиллитовых пород (последнее свойство, до сих пор некоторые специалисты называют по старинке пучением).

Отложения Большого Донбасса при повышении глубины отработки угольных пластов, характеризуются увеличением газоносности (а выработки – повышением газообильности), выбросоопасностью угля, а с 1954 года и вмещающих угли песчаников. Проблемы крепления подготовительных горных выработок, процессы сдвижения пород, необходимость перекрепления выработок и сопутствующие этому процессы актуальны и сейчас. Главным критерием устойчивости горных выработок является временное сопротивление горной породы при одноосном сжатии или прочность горных пород на одноосное сжатие ($\sigma_{сж}$), поскольку он является комплексным и зависит от ряда параметров: структуры песчаника, минералогического состава, степени катагенеза пород, коллекторских свойств, влажности и т.д [1].

В 70-е ÷ 80-е годы некоторые авторы отмечали, что прочностные свойства песчаников уменьшаются с увеличением крупности слагающих их зерен, не описывая более детально указанную зависимость для разных условий [2-6 и др.].

С.И. Малинин, рассмотрел важнейшие, на его взгляд, критерии, влияющие на физико-механические свойства любого вещества [5]. К ним он отнес: минеральный состав породы; форму слагающих ее частиц; расположение частиц в породе; тип и состав цемента в обломочных породах; сцепление между частицами; вторичные изменения пород. Проведенные указанным автором сопоставления петрографического состава со вторичными изменениями и физико-

механическими свойствами, послужили основой построения целого ряда графиков, зависимостей одних параметров от других, но сопоставлений структуры пород и физико-механических свойств данный автор не проводил.

Главный результат рассмотренной работы приведен в табл. 7, где для разных по структуре пород: аргиллитов; алевролитов и песчаников от мелко- до мелко-среднезернистых, для разных стадий углефикации наблюдается закономерное увеличение прочности (от 8 МПа для аргиллитов раннего катагенеза – возле длиннопламенных углей, до 250 МПа для известняков позднего катагенеза – возле суперантрацитов - А13-14). Нарушает приведенную общую закономерность примесь карбонатов (увеличивая значения прочности) и общее количество цемента (чем его больше, тем меньше прочность).

О.С. Алферов, исследуя устойчивость горных пород на больших глубинах, в качестве исходного признака принял так называемый структурный коэффициент, рассчитываемый в шлифах под микроскопом [6]. Для его определения, в шлифе, нормально слоистости, рассчитывается общее количество обломков прочных минералов n на длине линии подсчета l . Затем вычисляется удельное количество таких обломков на 1 мм: $m = n/l$. Структурный коэффициент δ определяется как отношение F/m , где F – процентное содержание обломков прочных минералов, отнесенное ко всей массе породы.

Понятно, что по такой методике ничего вычислить нельзя, поскольку непонятно, что такое m – удельное количество обломков или вся масса породы (и тогда, что такое «вся масса породы» и в чем она измеряется). Кроме этого, обломки прочных минералов в песчанике, алевролите и аргиллите будут по размерам существенно изменяться, примерно от 1,0 до 0,00n мм, в таком случае, при каких увеличениях нужно проводить измерения? Приведенный выше структурный коэффициент почему-то безразмерный, при этом входящие в него элементы имеют размерности. Впрочем, важен результат, а в данной работе он следующий: на рис.1 приведена графическая зависимость прочности пород на одноосное сжатие от гранулометрического состава в виде структурного коэффициента δ . Сама зависимость незначительно отличается от линейной, характеризуя, по сути, увеличение прочности от увеличения размера обломков прочных минералов.

По тексту приведены примерные значения структурного коэффициента δ , плавно уменьшаясь от крупнозернистых песчаников до аргиллитов, что приведено в правой части рис.1. Следует сказать, что в оригинале рассмотренной статьи алевролиты названы «алевролитовыми сланцами», а аргиллиты – «глинистыми сланцами». Эти несуществующие термины до сих пор употребляют некоторые специалисты, забывая проверять их в словарной и справочной литературе.

Таким образом, косвенные сопоставления структуры пород с прочностью и полученные результаты были обнаружены только в этих двух публикациях. В других [2-4 и т.д.], приведены либо ссылки на указанные публикации, либо декларационные утверждения о том, что структура влияет на прочность пород.



Рис. 1 – Связь прочности с гранулометрическим составом и значения структурного коэффициента δ [6]

В данной статье приведены результаты исследований зависимости пределов прочности песчаников Донбасса на одноосное сжатие ($\sigma_{сж}$) от размеров обломочных зерен ($d_{ср}$). Для исследований отбирались пробы в Красноармейском, Центральном, Краснодонском и Алмазном районах Большого Донбасса, а также были привлечены результаты по Новомосковскому и Павлоградско-Петропавловскому районам Западного Донбасса, изложенные в монографии Б.М. Усаченко [4].

В Западном Донбассе пробы отбирались из отложений Самарской свиты нижнего карбона (C_1^3), характеризующейся наличием промышленной угленосности, с глубин от 160 м до 600 м. Опробовались отложения Новомосковского района и семи шахт Павлоградско-Петропавловского района: Першотравневой; Степной; Юбилейной; Терновской; Павлоградской; Благодатной; Самарской.

В районах Большого Донбасса пробы песчаников отбирались из отложений наиболее продуктивного среднего карбона свит C_2^5 ; C_2^6 ; C_2^7 , с глубин, примерно, от 500 до 1600 м.

Основные прочностные и петрографические характеристики отобранных проб приведены в таблице. Для проб Западного Донбасса не приведены значения структуры, поскольку для каждой пробы они не определялись. Кроме этого, в указанном регионе нет отложений среднего катагенеза, поскольку фундамент протерозойских пород гранито-гнейсового состава расположен на глубинах примерно, 1000÷1500 м.

Основной результат из этой таблицы для Западного Донбасса заключается в том, что нижнекарбоновые песчаники раннего катагенеза Павлоградско-Петропавловского района имеют значения предела прочности на сжатие примерно в два раза выше, чем примерно такие же песчаники Новомосковского района. Марочный состав углей в этих районах тоже отличается. Для Новомосковского района характерна марка Д (на глубоких горизонтах иногда Д-Г). Для

шахт Павлоградско-Петропавловского района характерны газовые угли.

Таблица 1 – данные о прочности и структуре карбоновых песчаников Донбасса

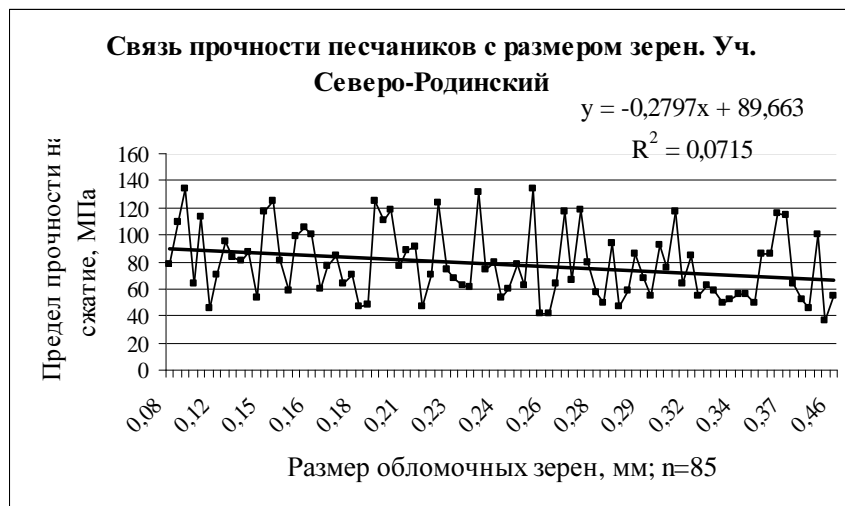
Район исследования	Участок разведки, шахта	Количество исследованных проб песчаников	Структура зерен: min; max; и среднее; мм	Значения предела прочности на сжатие: min; max; и среднее; МПа	Марочный состав вскрытых углей
Новомосковский	уч. Новомосковский	4	-	5,0-48,0 24,0	Д; Д-Г
Павлоградско-Петропавловский	7 шахт Западного Донбасса	11	-	34,0-57,0 45,0	Г
Красноармейский	уч. Северо-Родинский	85	0,08-0,46 0,24	41,2-134,3 77,6	Г; Ж
	шх. им. А.Г. Стаханова	53	0,1-0,35 0,2	44,0-127,0 85,9	Г; Ж
Центральный	уч. Горловский-Глубокий	42	0,09-0,44 0,24	59,5-192,1 132,6	Ж; К; ОС
Краснодонский	уч. Самсоновский-Западный	100	0,1-0,41 0,24	98,0-172,0 130,9	Г; Ж
Алмазный	уч. Санжаровский	14	0,11-0,36 0,18	52,3-96,8 78,6	К; ОС

Средние значения предела прочности на сжатие для районов Большого Донбасса имеют свои особенности. Так, для двух участков Красноармейского района прочность, примерно, в два раза выше, чем для Павлоградско-Петропавловского и в четыре – чем для Новомосковского. Для Центрального района прочность, примерно, только в полтора раза выше, чем в Красноармейском районе. Интересен факт подобия прочности для Центрального района (тектонически наиболее дислоцированного) и Краснодонского, тем более, что для первого – пробы отобраны, в основном, из нижней части среднего катагенеза, а для второго – из верхней части, то есть менее нагруженной. Иными словами, для этих двух районов степень тектонической дислоцированности и катагенетических преобразований мало отличается. Объяснением данного факта может быть наличие серии надвигов в Северо-Восточной части Донбасса: Краснодонского, Суходольского, Каменского, Глубокинского, которые в совокупности проявили степень тектонических напряжений, подобную таковым в Центральном районе, где формировалась Главная антиклиналь.

Относительно невысокие значения прочности песчаников Санжаровского участка, Алмазного района, подобны таковым для Красноармейского района, что характерно для прибортовых слабодислоцированных районов. При этом, песчаники данного участка претерпели примерно такой же катагенез, как и отложения Центрального района. Таким образом, наложившаяся на катагенетические преобразования тектоника, внесла существенные коррективы в свойства горных пород, что и отразилось при изучении их прочностных параметров.

Поскольку для проб песчаников из районов Большого Донбасса определя-

лись не только прочностные характеристики, но и структурные, были построены соответствующие графики (рис. 2-5), более наглядно проявляющие существующие зависимости. На рисунках представлены графические зависимости и основные параметры статистической обработки парной корреляции значений прочности и значений структуры исследованных проб.



Дисперсия X = 0,09
 Дисперсия Y = 25,66
 Коэф. корреляции r = -0,29
 Дисперсия r = 0,10
 Надежность $\mu = 2,97$
 Коэф. вариации для Y = 33,05
 Доверительный интервал для Y = 5,57

Рис. 2 – Графическая зависимость прочности от размера зерен для уч. Северо-Родинского, Красноармейского района; X – знач-я абсциссы; Y – знач-я ординаты



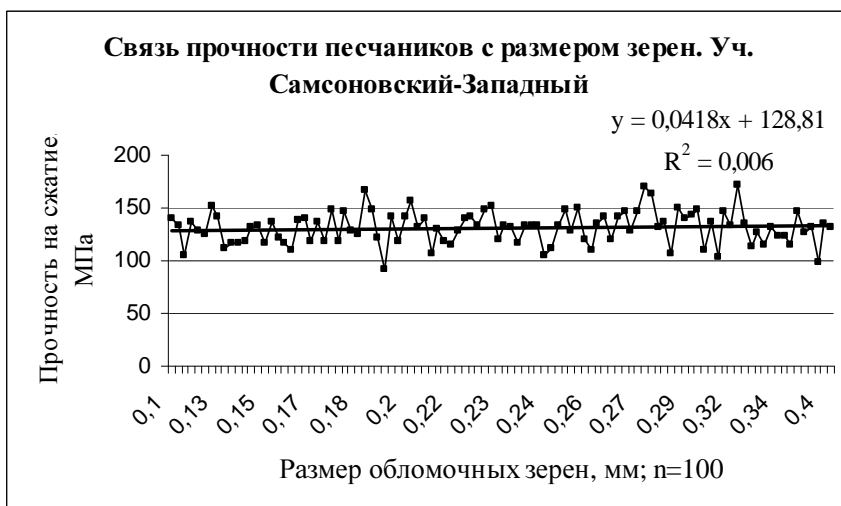
Дисперсия X = 0,07
 Дисперсия Y = 20,49
 Коэф. корреляции r = -0,06
 Дисперсия r = 0,14
 Надежность $\mu = 0,42$
 Коэф. вариации для Y = 23,85
 Доверительный интервал для Y = 5,63

Рис. 3 – Графическая зависимость прочности от размера зерен для шх. им. А.Г. Стаханова, Красноармейского района



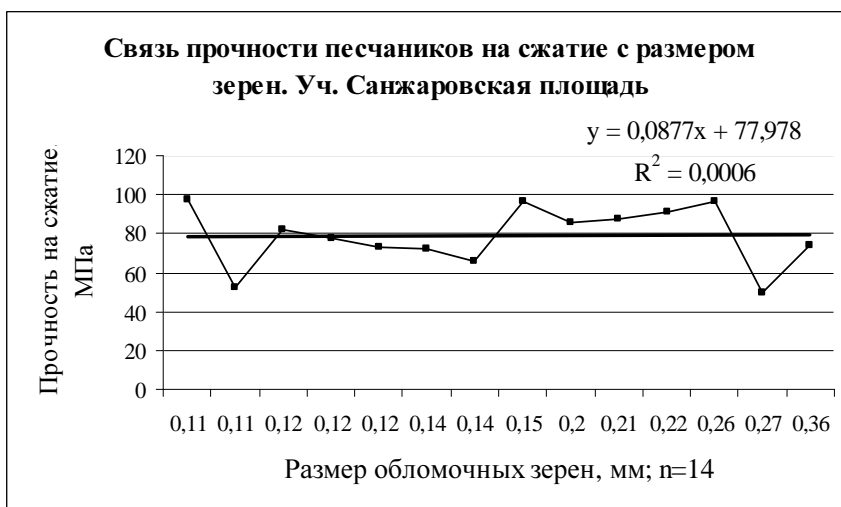
Дисперсия X = 0,08
 Дисперсия Y = 34,79
 Коэф. корреляции $r = 0,05$
 Дисперсия $r = 0,15$
 Надежность $\mu = 0,34$
 Коэф. вариации для Y = 26,23
 Доверительный интервал для Y = 10,84

Рис. 4 – Графическая зависимость прочности от размера зерен для уч. Горловский-глубокий, Центрального района



Дисперсия X = 0,08
 Дисперсия Y = 15,55
 Коэф. корреляции $r = 0,04$
 Дисперсия $r = 0,10$
 Надежность $\mu = 0,43$
 Коэф. вариации для Y = 11,88
 Доверительный интервал для Y = 3,11

Рис. 5 – Графическая зависимость прочности от размера зерен для уч. Самсоновский-Западный, Краснодарского района



Дисперсия X = 0,07
 Дисперсия Y = 14,84
 Коэф. корреляции $r = -0,01$
 Дисперсия $r = 0,27$
 Надежность $\mu = 0,04$
 Коэф. вариации для Y = 18,87
 Доверительный интервал для Y = 8,49

Рис. 6 – Графическая зависимость прочности от размера зерен для уч. Санжаровская площадь, Алмазного района

Анализ графиков на рис. 2-6, в целом, однозначно указывает на отсутствие видимой зависимости прочности от размера обломочных зерен исследованных песчаников. Лишь прибортовой участок Северо-Родинский Красноармейского района характеризуется незначительной обратной связью, с коэффициентом парной корреляции $r = -0,29$ и достаточно высокими значениями вариации ($V = 33,05\%$).

Таким образом, утверждение, изложенное в [3], о том, что пределы прочности на сжатие и разрыв уменьшаются с увеличением крупности слагающих их зерен, идентичны таковым в [2, 4-5]. В указанных работах речь идет не о конкретной породе, например, песчанике, а о сравнительной прочностной характеристике комплекса пород: аргиллитов, алевролитов и песчаников, составляющих основу терригенных отложений не только Донецкого, но и других осадочных бассейнов.

То, что прочность песчаников, фактически не зависит от размера слагающих зерен можно отнести к отложениям среднего (и, по всей вероятности, позднего) катагенеза. Отложения раннего катагенеза пока не изучены в должной степени, но тенденция пород Красноармейского района указывает на возможно более значительную зависимость прочности от размера зерен в отложениях, например Павлоградско-Петропавловского района. Для получения ответа на этот вопрос, нужны исследования именно в данном направлении, что и планируется выполнить в ближайшее время. Логика данного предположения такова: чем меньше обломочное зерно, тем больше суммарная удельная поверхность всех обломочных зерен, а значит выше степень (или сила) сцепления частиц с цементом и выше общая прочность. В этой логике есть слабое звено – это цемент, состоящий из мелких обломков слюд, пелитовых частиц полиморфного состава и карбонатов разных генераций.

Основной вывод данной статьи в том, что при катагенетических изменениях преобразуются все составляющие цементирующей массы, а это, в конечном счете, и влияет на прочностные характеристики пород. Ведь 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломтадзе В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований. – Л.: Недра, 1990. – 328 с.
2. Геологические факторы выбросоопасности пород Донбасса / В.Е. Забигайло, А.З. Широков, И.С. Белый и др. // К.: Наук. Думка, 1974. – 271 с.
3. Забигайло В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З. Выбросоопасность горных пород Донбасса. – К.: Наук. Думка, 1983. – 288 с.
4. Усаченко Б.М. Свойства пород и устойчивость горных выработок. – К.: Наук. думка, 1979. – 136 с.
5. Малинин С.И. Геологические основы прогноза поведения пород в горных выработках. – М.: Недра, 1969. – 192 с.
6. Алферов О.С. О закономерностях изменения прочности осадочных пород Донецкого бассейна от литолого-петрографических особенностей // Изв. ДГИ, XLVI, 1965. – С.153-162.