Доклады Академии Наук СССР
1954. Том XCIX, № 6

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И. Л. ЭТТИНГЕР, Е. Г. ЛАМБА и В. Г. АДАМОВ

РОЛЬ ГАЗА КАК ПОНИЗИТЕЛЯ ПРОЧНОСТИ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ

(Представлено академиком А. А. Скочинским 7 VII 1954)

Как уже указывалось ([1–3]), в случае большого насыщения каменного угля газом (при загазировании горных выработок) уголь в массиве становится мягче и рыхлее. Этим явлением иногда пользуются рабочие в угольных шахтах для облегчения добычи угля; с другой стороны, такое размягчение угля способствует весьма опасным выбросам угля и газа в шахтах. Уменьшение сил сцепления и трения в размягченном угле приводит к нарушению равновесия между давлением горных пород и газа, с одной стороны, и сопротивлением угля раздавливанию, с другой. На эти факты впервые обратил внимание А. А. Скочинский, по инициативе которого и была проведена настоящая работа.

Экспериментальные исследования, посвященные изучению процесса размягчения угля в газовой среде при атмосферном давлении, показали, что: а) понижение крепости углей связано с поглощением ими газов ([1]); б) изменение крепости угля в массиве при прекращении вентиляции связано с увеличением парциального давления газа в выработке и уменьшением интенсивности десорбции газа из угля ([2]).

Мы поставили себе целью исследовать уменьшение крепости каменных углей при насыщении их газом под давлениями, наблюдающимся в угольном массиве, а также выяснить связь между понижением крепости углей и их геологической нарушенностью.

Как первичные условия образования угольных пластов, так и последующие тектонические процессы привели к образованию в пластах отдельных пачек и прослойков высокой степени нарушенности, так называемых мятых, передробленных и рыхлых углей ([4]). В таких нарушенных углях создался особый характер пористости и трещиноватости, который вызывает очень быстрое газовыделение из угля.

На основании ряда признаков, как, например, нарушения слоистости, полосчатости и др., были выделены ([5]) пять типов углей по степени нарушенности их строения:

1. Угли ненарушенного строения.
2. Угли слабо нарушенного строения.
3. Угли сильно нарушенного строения.
4. Угли раздробленные.
5. Угли перетертые.

Выяснение зависимости между природной нарушенностью углей и понижением прочности их в газовой атмосфере может помочь при расшифровке многих природных явлений, наблюдавшихся в угольных шахтах.

В работе мы применили углекислый газ, хорошо сорбирующийся углем ([7]). Для исследования были взяты 5 образцов углей, близкие по степени метаморфизма (тощие угли и антрациты) и резко отличающиеся по степени нарушенности: антрациты 1-го и 5-го типа и 3 образца углей марки Т, взятые из разных пачек одного угольного пласта (один образец 1-го типа и два образца 5-го типа по степени

Таблица 1

Исследованные угли

№ образцов	Шахта	Пласт	Петрограф. характеристика			Технический анализ	
			описание	расстояние между трещинами, мм	тип по степени нарушенности	A^c	V^r
1373	Давыдовка	Дроновский XI	Блестящ.	3—5	1	8,5	5,8
3033	№ 2 треста Егоршин-уголь		Полуматов., раздробл. рыхлый. Значит. колич. вторичн. минеральн. образований	0,035	4	30,6	9,4
3122	Юный Коммунар	Рудный (верхн. пачка)	Блестящ. с мелкими линзами фюзена	2—3	1	9,4	7,3
3121	Юный Коммунар	Рудный (средн. пачка)	Полуматов., раздробл., напоминает углистый аргиллит	Оч. мал.	5	19,0	10,0
3120	Юный Коммунар	Рудный (нижн. пачка)	Матов., рыхлый, перетерт.	—	5	8,3	7,4

нарушенности). Описание исследованных образцов приводится в табл. 1.

В основу принятой методики определения крепости углей был положен так называемый метод толчения угля при сбрасывании на него

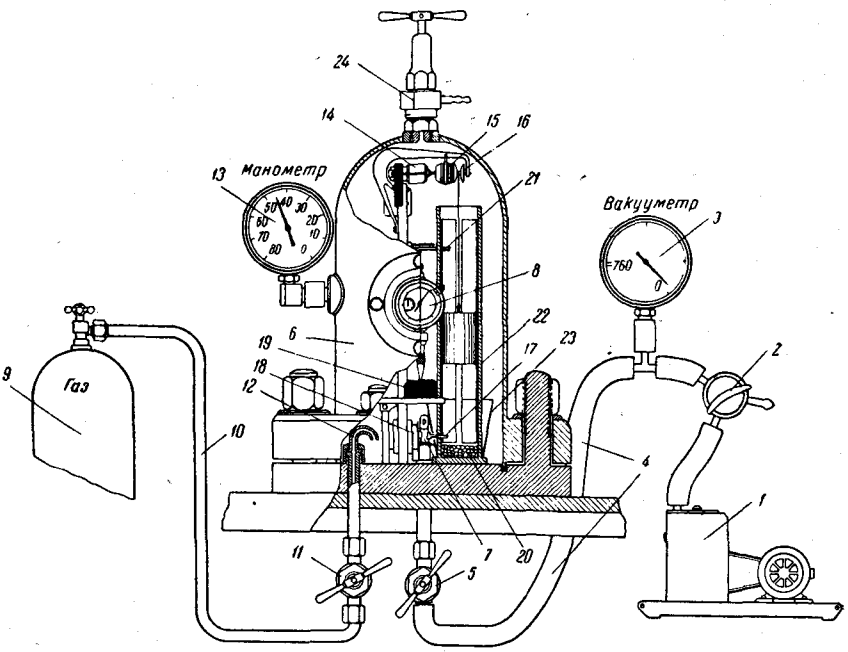


Рис. 1. Установка для определения прочности каменных углей

гири определенного веса с постоянной высоты, предложенный М. М. Протодьяконовым ([6]); для наших целей он был несколько видоизменен и уточнен.

Экспериментальная установка (см. рис. 1) состоит из стальной камеры *6*, вакуум-насоса *1*, баллона с газом *9* и механизма для подъема гири *14*, *15*, *16* с пультом управления, находящимся вне камеры

Порция угля (размер частиц 6,5—7 мм) одинакового объема для всех углей (35 мл) помещается в стакан *22* с прорезями по всей его длине (во избежание демпфирующего действия сжимаемого газа); стакан снабжен картонным козырьком *23* для предохранения от высыпания угля во время толчения. В нижней части стакана расположена подпорная шпилька *17*, на которой находится гиря (весом 1,1 кг), не касаясь угля до начала толчения. Головка шпильки находится против электромагнита *18*, который вытягивает ее перед опытом. На высоте 24 см от дна стакана расположены контакты, подающие сигнал при подъеме гири до этой отметки. Гиря поднимается мотором *14* через блок *16*, который закрепляется электромагнитом *15*. При выключении электромагнита гиря падает на уголь. На куске испытуемого угля *19* с одной отшлифованной поверхностью устанавливается острие индикатора *8*, передвижение стрелки которого указывает на набухание угля при поглощении им газа. Скорость набухания позволяла нам судить о скорости поглощения газа углем. Наблюдение за показаниями индикатора ведется через смотровое стекло камеры.

Таблица 2

Изменение крепости антрацитов в атмосфере углекислого газа (Условия опытов: 3 часа откачки, 22 часа насыщения, 5-кратное бросание гири, 9 час. откачки)

№ образцов	Тип по степени нарушенности	Газ	Давл. в атм.	Образов. пыль (<0,5 мм) в %	Образов. пыль (<0,5 мм) средн. в %
1373	1	Воздух	1	1,6 1,4 1,5	1,5
		CO_2	45	1,6	1,6
3033	5	Воздух	1	13,1 11,1 11,8	12,0
		CO_2	40	24,6 20,7 21,7	22,3

Перед насыщением угля газом производилась его откачка в течение 3 час. По окончании насыщения производилось 5-кратное бросание гири с высоты 24 см. После толчения угля газ выпускается из камеры через кран *24* и снова производится откачка угля от 3 до 9 час. Затем порция угля из стакана переносится на комплект сит с диаметром отверстий: 3,1 и 0,5 мм. После очень осторожного просеивания уголь с каждого сита собирается на глянцевой бумаге. Собранный с 3 сит уголь взвешивается и по разности определяется вес пылевого остатка (меньше 0,5 мм), который служит показателем крепости угля. Такой способ просева необходим для устранения дополнительного измельчения угля, особенно для мягких углей.

Таблица 3

Изменение крепости углей из различных пачек пласта Рудного шахты Юный Коммунар (Донбасс) (Условиая опытов: 3 часа откачки, 13 час. насыщения, 5-кратное бросание гири, 3 часа откачки)

№ образцов	Пачки	Тип по степени нарушенности	Газ	Давл. в атм.	Образов. пыль (<0,5 мм) средн. из 3 опытов, в %
3122	Верхняя	1	Воздух	1	5,8
			CO_2	42	5,8
3121	Средняя	5	Воздух	1	12,5
			CO_2	40	19,7
3120	Нижняя	5	Воздух	1	23,2
			CO_2	42	33,0

Результаты дробления антрацитов на воздухе и в атмосфере углекислого газа приведены в табл. 2. В то время как твердый ненарушенный антрацит пласта Дроновского показывает одинаковый выход пыли при толчении на воздухе и в CO_2, мягкий и раздробленный антра-

цит Егоршинского месторождения уменьшает свою крепость в углекислом газе почти в 2 раза.

Такие же результаты были получены для углей из разных пачек пласта Рудного, отличающихся по степени их нарушенности. Ненарушенный уголь из верхней пачки имеет одинаковую крепость как на воздухе, так и в атмосфере CO_2. Нарушенные же угли средней и нижней пачек увеличивают выход пыли при толчении в углекислом газе в полтора раза.

С ростом давления газа крепость угля уменьшается, однако после 40 атм. влияние роста давления насыщающего газа уже незначительно (см. табл. 4).

Увеличение продолжительности насыщения для ненарушенных углей с 13 до 140 час. практически не изменяет крепости угля; для нарушенных углей 13 час. является также вполне достаточной длительностью насыщения.

Таблица 4

Влияние давления газа на изменение крепости углей (Условия опыта: обр. № 3120 тип по степени нарушенности 5; 3 часа откачки, 13 час. насыщения, 5-кратное бросание гири, 3 часа откачки)

Газ	Давл. в атм.	Образовав. пыль (<0,5 мм), средн. из 3 опытов, в %
Воздух	1	23,2
CO_2	20	27,1
CO_2	40—42	33,0
CO_2	50—55	34,2

Полученные результаты позволяют распространить на газы представления, развитые для растворов школой П. А. Ребиндера ([8]), о влиянии внешней среды на процессы механического разрушения твердых тел. Газы в этом случае играют роль понизителей прочности ископаемых углей, проникая вглубь разрушаемого тела по поверхности его микротрещин, и облегчая их развитие.

В результате горообразовательных процессов сравнительно менее прочные прослойки угольного пласта переминались и перетирались; создавались так называемые нарушенные угли с большим количеством микротрещин. Механизм проникновения газов в такие угли в лабораторном эксперименте или в результате скопления газа на кромке забоя одинаков — газы проникают в «зародышевые» микрощели, появившиеся в твердом теле значительно ранее его видимого разрушения. В тех же случаях, когда такого «предразрушения» нет, газ не в состоянии вызвать появление новых поверхностей раздела с окружающей средой и тем самым облегчить разрушение угля. Следует сделать вывод, что наблюдающееся в шахтах размягчение угля при загазовывании имеет место, вероятно, лишь для нарушенных углей.

В заключение считаем своим приятным долгом принести благодарность М. М. Протодьяконову и В. С. Кравченко за помощь при разработке методики и Л. Е. Штеренбергу за петрографическое описание углей.

Институт горного дела
Академии наук СССР

Поступило
7 VII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. Л. Эттингер, М. М. Протодьяконов, ДАН, **34**, № 6, 1235 (1952). [2] И. В. Бобров, Р. Н. Фертельмейстер, С. И. Смолякова, Тр. Макеевск. н.-и. инст. по безопасности работ в горн. пром., **7** (1953). [3] Л. Н. Быков, Теория и основные принципы эксплуатации пластов, склонных к внезапным выделениям газа, 1936. [4] И. Л. Эттингер, Л. Е. Штеренберг, В. С. Яблоков, Уголь, **11**, 28 (1953). [5] И. Л. Эттингер, Л. Е. Штеренберг и др., Совещ. по разработке угольн. пластов на больших глубинах, 1954. [6] М. М. Протодьяконов, Уголь, **9**, 20 (1950). [7] И. Л. Эттингер, Изв. АН СССР, ОТН, **5**, 721 (1950). [8] П. А. Ребиндер, Л. А Шрейнер, И. Ф. Жигач, Понизители твердости в бурении, 1944.