Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXVI, вып. 1, 1958 г.

ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГОРНОГО МАССИВА В ЦЕНТРАЛЬНОМ РАЙОНЕ ДОНБАССА И ТОЧЕЧНЫЙ СПОСОБ ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

И. Н. УШАКОВ

Трещиноватость пород — общее свойство горного массива, характеризующееся повсеместным распространением и неравномерностью развития, а также выраженной средней ориентировкой систем трещин внутри геологических структур. Интенсивность проявления трещиноватости определяется, как показывают наблюдения, составом пород и условиями их залегания. Совокупность трещиноватости отдельных слоев, пластов и стратиграфических горизонтов дает трещиноватость горного массива. Являясь важным структурным элементом горного массива, трещиноватость пород, особенно в условиях складчатого залегания угольных месторождений, представляет собой постоянно действующий фактор на условия разработки.

Многими наблюдениями отмечалось существенное влияние трещиноватости пород на производительность труда горняков, механизмов, расход материалов и условия безопасности ведения горных работ. Условия работы в подготовительных и очистных забоях, наряду с другими факторами, определяются трещиноватостью как угольных, так и вмещающих пород, особенно пород кровли.

Влияние трещиноватости как структурного фактора на условия разработки угольных месторождений особенно ярко выражается в явлениях внезапного выброса угля и газа. Внезапные выбросы угля и газа в угольных шахтах происходят в результате определенного взаимодействия следующих основных факторов: а) давления горных пород; б) заключенного в угле газа; в) физико-механических свойств, микро- и макроструктуры угля, строения угольного пласта; г) при крутом падении пластов — силы веса угля (вес и объем призабойной зоны массива угольного пласта).

Влияние структурного фактора на возбуждение и развитие внезапных выбросов проявляется в обеспечении благоприятных условий освобождения потенциальной энергии горных пород и газа.

При решении горных задач необходимо изучать характер трещиноватости горного массива и учитывать ее влияние на условия разработки. Особенности трещиноватости должны графически или численно выражаться на геологических и маркшейдерских планах.

Трещиноватость горного массива, особенно угольных пластов, в Центральном районе Донбасса освещалась в работах Б. Ф. Мефферта [5], Е. С. Иейте [4], Г. А. Иванова [2], В. А. Банковского [1],

В. А. Шатилова [9], Института геологических наук АН СССР [12] и ряда других исследователей.

Угольные пласты как более податливые и восприимчивые ко всякого рода процессам и движениям дают более сложную картину трещиноватости, чем вмещающие породы. Вместе с тем свойства углей и структура угольных пластов значительно более исследованы, чем вмещающие породы. В этом отношении особенно плодотворным оказалось комплексное изучение явлений внезапных выбросов угля и газа, произведенное в Донбассе институтами АН СССР, институтами, организациями и горными предприятиями бывшего министерства угольной промышленности СССР. При этом детально были изучены физико-механические свойства углей и строение угольных пластов в Центральном районе Донбасса. Менее изучена трещиноватость вмещающих пород.

Трещиноватость угольных пластов

Изменение первоначальных структурных и текстурных особенностей угольных пластов под воздействием геологических условий приводит к выделению в угольных пластах пачек-слоев, имеющих различную нарушенность. Более интенсивно трещиноватость угольных пластов проявляется в местах складчатой и разрывной тектоники. Это обусловлено дифференциальным движением угольной массы пласта относительно боковых пород в процессе параллельного или блокированного складкообразования, а также в процессе смещений пластов в местах проявления разрывной тектоники.

При складкообразовании скольжение развивается в первую очередь в более слабых местах — на контактах угольных пластов с породами кровли и почвы или в других направлениях ослабления. В результате послойного движения происходит или простое оглянцевание поверхностей скольжения или перемятие отдельных пачек в той или иной степени. В первом случае уголь более или менее сохраняет свои первоначальные структурные и текстурные особенности, во втором случае он претерпевает существенные изменения. В большой степени изменяются аргиллиты и углистые аргиллиты, залегающие внутри угольных пластов в виде тонких прослойков.

В. А. Шатилов [9], следуя С. К. Бубнову, такие нарушения угольных пластов называет тектонической препарацией и выделяет пять ее типов.

Тип I. Неперемятые угли, сохранившие свою первоначальную структуру. Иногда наряду с эндогенными трещинами развиты тектонические с характерными струйчатыми поверхностями.

Тип II. Уголь подвержен слабому сжатию. Первоначальная полосчатость и слоистость нарушается, местами теряя блеск. В отдельных местах угольных пластов наблюдается плойчатость. Эндогенные трещины, наблюдаемые на отдельных участках забоя, частично нарушены. Зеркала скольжения выражены слабо.

Тип III. Вся масса угля сильно разлинзована. Хорошо выражены зеркала скольжения. Угли и углистые сланцы, обладающие малой механической прочностью, неустойчивы, сыпучи. Эндогенная трещиноватость сохраняется на отдельных небольших участках. В большинстве случаев она маскируется совершенно экзогенной трещиноватостью. Зеркала скольжения и мелкая разлинзованность наблюдаются в аргиллите и углистых аргиллитах.

Тип IV. Уголь сильно перемят и перетерт до состояния сажистой массы. Первоначальные физические свойства угля утрачиваются. Тре-

щиноватость, как правило, маскируется. Изредка наблюдаются изогнутые экзогенные трещины с гладкими притертыми поверхностями.

Тип V. Уголь перемят и спрессован в виде серой зернистой массы. В изломе напоминает чугун. В. А. Шатилов это изменение объясняет действием повышенного нормального давления со стороны боковых пород, что подтверждается внедрением угля в трещины соседних пачек, вызывающим раскрытие трещин до нескольких сантиметров.

Угли типа V по сравнению с типом IV обладают большей механической прочностью, но уступают в этом неизмененным углям. В них изредка наблюдаются изогнутые трещины с притертыми поверхностями.

В. А. Шатилов считает, что тектоническая препарация углистых и пустых пород характеризуется, в отличие от нарушенности углей, первыми тремя типами препарации. Более распространенными (региональными) являются первые типы препарации. Неравномерность распределения напряжений и деформаций обусловила появление зон более интенсивной нарушенности цельности массива — дополнительные изгибы, разрывы, пережимы и вздутия. В этих зонах появляются изменения угольных пластов IV и V типов препарации. Следовательно, наличие IV и V типов препарации угля служит указателем мест существовавшей повышенной тектонической напряженности. С этой точки зрения угольные пласты являются своего рода индикатором существовавшего напряженного состояния горного массива.

Приведенная выше характеристика выделенных В. А. Шатиловым пяти типов тектонической препарации угольных пластов дополняется результатами испытания углей на механическую прочность по методу МакНИИ, по которому прочность характеризуется весом (в граммах) измельченного при испытании угля (табл. 1) Недостаточность числа испытаний не позволяет считать эти данные надежными, но дает возможность судить о порядке полученных величин и их отношений друг к другу.

Таблица 1

Механическая прочность угля по МакНИИ

Тип тектонической препарации угля	Число определений	Визуальное определение крепости угля	Механическая прочность угля по испытаниям		
			от	до	среднее
I	16	Средней крепости до крепкого	3,4	10,5	5,4
II	3	Средней крепости	2,8	3,0	2,3
III	3	Слабый до мягкого	2,5	2,7	2,6
IV	2	Мягкий	1,0	1,5	1,2
V	1	Рыхлый	—	—	1,3

Перечисленным пяти типам тектонической препарации углей приблизительно соответствует группировка типов углей по степени нарушенности, принятая по предложению Института геологических наук АН СССР Центральной комиссией по внезапным выбросам [12]:

Тип I — угли ненарушенные; тип II — нарушенные, тип III — сильно нарушенные; тип IV — раздробленные; тип V — перемятые.

Рекомендуется следующая визуальная оценка пяти выделенных типов.

Типу I нарушенности свойственно преобладание глянцевых поверхностей трещин и поверхностей свежего отрыва. Иногда видимые трещины отсутствуют или немногочисленны — отстоят одна от другой на 10 *см* и более. Отделенные от массива куски угля разламываются в руках, но в мелочь при этом не растираются.

Для II типа нарушенности характерно осуществление излома целиком по трещинам со струйчатыми поверхностями, проходящими одна от другой на расстоянии от 2 до 10 *см*. При разламывании отделенных от массива кусков обнаруживаются трещины с глянцевыми поверхностями. Кусочки угля со значительным усилием растираются пальцами в обломки размером более 5 *мм*.

В типе III излом углей осуществляется по трещинам со струйчатыми и полублестящими поверхностями, проходящими на расстояниях 0,5—2,0 *см*. Трещины с глянцевыми поверхностями не видны или плохо заметны в немногих местах. Кусочки угля рассыпаются или без большого усилия растираются пальцами до размера 1—5 *мм*.

Угли типа IV разбиты столь густой сетью трещин, в основном с полублестящими поверхностями, что отдельные трещины почти не различимы. Расстояние между видимыми трещинами менее 5 *мм*. Трещины с глянцевыми поверхностями не видны. Излом имеет зернистый вид. Кусочки угля рассыпаются или без большого усилия растираются пальцами в песок, кроме случаев последующей цементации.

Угли типа V превращены в мелкозернистую или землистую массу, обычно пересеченную более поздними трещинами, следствием чего является землистый излом и нередко буроватая окраска. Кусочки угля рассыпаются или растираются пальцами в пылеватую массу, кроме случаев последующей цементации.

Те же пять типов нарушенности угля более объективно количественно характеризуются густотой микротрещиноватости, скоростью газоотдачи, пылевым остатком, скоростью прохождения упругих волн (табл. 2).

Таблица 2

Количественные показатели нарушенности угля

Признаки и свойства различных типов угля по степени нарушенности	Среднее значение показателей				
				IV	V
Расстояние между трещинами, *мм*	1,60	0,50	0,146	0,055	0,005—0,006
Скорость газоотдачи в начальный момент (условный показатель)	4,1	7,0	12,5	15,8	20,7
Пылевой остаток, %	12,0	14,6	17,5	22,5	23,4
Скорость прохождения упругих волн, *м/сек*:					
по напластованию	1310	1253	1090	931	765
перпендикулярно напластованию	1150	1090	980	810	645

Для сравнения угольных пластов по нарушенности рекомендуется также вычислять два показателя: общую нарушенность пласта и интенсивность внутрипластовых подвижек. Первый представляет собой отношение суммы мощностей пачек угля типов нарушенности III, IV и V и мощностей углистого аргиллита нарушенного строения в сумме мощ-

ностей пачек углей типов I и II. Второй показатель выражает отношение количества контактов с зеркалами скольжения к общему количеству выделенных слоев — пачек угля и пород в данном пласте.

Следует отметить, что развитие внутрипластовых перемещений в углях содействует наличию в угольных пластах прослойков глинистых пород.

Приведенные классификации, предложенные для разделения нарушенности угольных пластов на опасные или неопасные по внезапным выбросам могут быть полезными и при характеристике трещиноватости угольных пластов и для других целей.

Как следует из изложенного выше, нарушенность пластов выражается наличием в них различных типов секущих трещин. Для трещин каждого типа характерно одинаковое строение поверхностей и сходство ориентировки по отношению к напластованию.

Все трещины в угольных пластах разбиваются на две основные группы — трещины по напластованию и секущие [10]. Внутри первой группы встречаются трещины с разными поверхностями. Группа секущих трещин разбивается на две подгруппы: 1) трещины перпендикулярные или почти перпендикулярные напластованию с глянцевыми поверхностями (эндогенные, по Г. А. Иванову [2]; 2) трещины, секущие напластование преимущественно под косыми углами (экзогенные, по Г. А. Иванову).

По характеру поверхностей в последней подгруппе выделяются следующие типы трещин: а) со струйчатыми поверхностями; б) с полублестящими поверхностями; в) зеркалами скольжения; г) матовыми поверхностями.

Вследствие недостаточной изученности происхождения отдельных типов, принятая ИГН АН СССР терминология описательного характера является оправданной.

Трещины с глянцевыми поверхностями повсеместно распространены в Донбассе и являются наиболее ранними образованиями из всех типов трещин. В мало нарушенных угольных пластах пологого залегания резко преобладают трещины с глянцевыми поверхностями. В угольных пластах с повышенной степенью нарушенности возрастает количество трещин со струйчатыми и полублестящими поверхностями, которые при обильном развитии постепенно маскируют трещины с глянцевыми поверхностями. Трещины со струйчатыми поверхностями обычно пересекаются трещинами с полублестящими поверхностями, т. е. первые являются более ранними образованиями, чем вторые. Зеркала скольжения и трещины с матовыми поверхностями встречаются при наличии трещин с полублестящими поверхностями.

Таким образом, развитие трещин в угольных пластах является направленным процессом. Важным элементом характеристики трещиноватости угольных пластов является ориентировка трещины. Об ориентировке трещин в угольных пластах Донбасса Ивановым Г. А. высказаны следующие общие положения [2]: 1) ориентировка эндокливажа в угольных пластах отличается постоянством направления; 2) отмечается одинаковая ориентировка эндокливажа в смежных угольных пластах, т. е. ориентировка не зависит от стратиграфического положения пластов; 3) общее направление эндокливажа в бассейне близко к меридиональному; изменение направления описывает дугу, обращенную выпуклостью к юго-востоку; 4) общее меридиональное направление эндокливажа трещин связано с общим погружением карбоновых отложений в геосинклинали в юго-восточном направлении; 5) имеет место как совпадение, так и расхождение ориентировки эндокливажа угольных

пластов и вмещающих пород; 6) в пределах шахтных полей экзогенные трещины увязываются с направлением и типом характерных для данного участка тектонических разрывных нарушений.

Эти положения об эндогенном кливаже в Центральном районе справедливы для основной поперечной трещиноватости. Однако в этом районе повсеместно и интенсивно развита и продольная трещиноватость.

Ориентировка трещиноватости угольных пластов на южном крыле главной антиклинали характеризуется, по В. А. Шатилову [9], четырьмя группами трещин по элементам залегания (табл. 3). Эти группы

Таблица 3

Группировка трещин по элементам залегания

Группа	Элементы залегания, град.	
	простирание	угол падения
I	35—85	20—60
II	95—135	10—60
III	160—190	20—60
IV	260—305	60—85

неодинаково проявляются в пределах южного крыла главной антиклинали. Так, например, на полях шахт Юнком, № 1—2 Красный Октябрь и Красный профинтерн хорошо развиты все четыре группы трещин, на поле шахты им. Карла Маркса — отчетливо выделяются первая и четвертая группа, на поле шахты № 8-а им. Сталина — все четыре группы.

Обращает на себя внимание широкий диапазон углов простирания и падения трещин внутри каждой группы.

Многими отмечается наличие в угольных пластах так называемого «вынужденного кливажа» или трещин давления, наблюдаемых в очистных выработках.

Появляются указанные трещины в результате нарушения состояния равновесия горного массива в зоне очистных выработок. В отличие от других трещин, они, используя избирательно секущие трещины, секут не отдельные пачки угольного пласта, а всю его мощность, имеют рваные края, неровную поверхность, значительное раскрытие, выходящее до 2—3 *см*, и резкий обрыв при переходе в боковые породы.

Трещиноватость вмещающих пород

Трещиноватость вмещающих пород в угленосных отложениях изучена вообще недостаточно. По Центральному району Донбасса известны работы Г А. Иванова [2], исследовавшего трещиноватость вмещающих пород попутно с изучением трещиноватости углей.

Специально изучением трещиноватости вмещающих пород Центрального района Донбасса занимался в 1934—1936 гг. В. А. Банковский [1]. Он разделил наблюдаемые трещины не по виду их поверхностей, а по ориентировке относительно складчатой структуры и напластования. При этом выделил четыре системы секущих трещин и пятую систему, параллельную напластованию. Из числа секущих систем трещин — три системы являются нормально секущими и одна —кососекущей. Морфологические признаки выделенных систем характеризуются данными табл. 4.

В. Д. Банковский, в отличие от Г. А. Иванова, считает, что примат в образовании трещиноватости горного массива должен быть признан за тектоническими движениями. Подобное одностороннее представление об образовании трещин вряд ли может быть достаточно полным и правильным, так как нельзя рассматривать вне связи диагенез и тектонические движения. Кроме того, широко развитые в горном массиве трещины отрыва разного происхождения по внешним признакам, определяемым визуально, весьма сходны между собой. С выдвинутыми положениями В. Д. Банковского можно согласиться или их оспаривать, но сведения о трещиноватости пород карбона, особенно приведенные ниже (табл. 4), представляют безусловный интерес.

Хорошая изученность трещиноватости угольных пластов, недостаточность материалов по трещиноватости вмещающих пород и наличие в районе одной основной формы пликативной дислокации — главной антиклинали, позволяющей лучше понять взаимоотношения между структурными элементами разных порядков, определили необходимость изучения в районе видимой трещиноватости вмещающих пород. Особое внимание было обращено на характеристику повсеместно распространенной и преимущественно развитой трещиноватости, представленной трещинами отрыва. Несмотря на разное происхождение, они, как отмечено выше, имеют внешне одинаковые поверхности, характеризующиеся в большинстве случаев отсутствием следов притертости.

Трещины скалывания встречаются значительно реже. Для них характерно зональное распределение, приуроченное к линиям развития смещений.

Таким образом, внешняя однородность трещиноватости вмещающих пород позволила сосредоточить внимание на важных для горного дела геометрических показателях — *ориентировке и густоте трещин.*

Определение ориентировки трещин производилось по большому числу замеров простирания и углов падения видимых трещин. Густота трещин характеризовалась замерами двух величин m и l. Величина m выражает мощность, на которую распространяются в пласте (или толще) секущие трещины. Одновременно величины m характеризуют расстояния между плоскостями ослабления, параллельными напластованию, обычно ограничивающими секущие трещины. Величина l выражает расстояние между двумя соседними трещинами одной и той же системы по нормали.

Обе величины при наблюдении выражаются в метрах, а при характеристике густоты трещин — числом трещин, приходящимся на 1 *м* расстояния.

Для получения показателей ориентировки и густоты трещиноватости вмещающих пород Центрального района Донбасса все наблюдения были приурочены к отдельным участкам, представляющим по одному или по два шахтных поля. В северо-западной части антиклинали таких участков 11, из которых 5 расположены на северном крыле складки и 6 — на южном.

Распределены указанные участки следующим образом. На северном крыле антиклинали: 1) район шахты Дзержинская-Глубокая; 2) шахта № 4/5 Никитовка — шахта им. Румянцева; 3) шахта им. М. И. Калинина; 4) шахта Ново-Кондратьевская; 5) шахта № 5 шахтоуправления № 4 (Хацапетовское простирание).

На южном крыле: 1) шахта Центральная им. Ф. Э. Дзержинского; 2) шахта Горловка-Глубокая; 3) шахта № 1/3 Кочегарка; 4) шахта № 8-а им. И. В. Сталина — шахта № 9 Подземгаз; 5) шахта Красный Октябрь; 6) шахта Юнком (участок шахты № 60).

Система трещин	Средний азимут падения и угол падения, град.		Двугранный угол между плоскостями трещин и напластования, град.		Породы, где лучше развиты трещины	Повторимость трещин	Протяженность трещин
	южное крыло	северное крыло	в углях	в прочих породах			
A	100 60	270 60	Близко к 90	70—90	Песчанистые сланцы, мелкозернистые песчаники	В песчаных сланцах через 0,2—0,5 *м*	До нескольких метров встречаются через всю мощность породы
B	305 70	105 65	Близко к 90	70—90	То же	То же	Часто локализуются между трещинами других систем
C	30 30	170 40	Близко к 90	70—90	Угли, песчаники, песчанистые сланцы; редко глинистые сланцы	В углях часто через 0,02—0,03 *м*, в песчаниках и песчанистых сланцах 0,5—1,0 *м*	Чаще локализуются между плоскостями наслоения, реже проходят через всю мощность породы
Д	165 75	330 75	Больше угла падения пород на 10—25		—	Редко	В основном через всю мощность породы
E	205	20	Плоскости напластования		Углистые сланцы, песчанистые сланцы		

карбона в Центральном районе Донбасса

Заполнение вторичными образованиями	Характер проявления трещин в углях	Краткая характеристика трещин	Относительный возраст образования
Кальцит, халцедон, накрит. Преобладание киновари на северном и южном крыльях ртутного рудника	Встречаются часто в нераздавленных углях, дают основной кливаж, удобный для отбойки; на стенках трещин встречается струйчатость	Зияющие	В период наиболее ранних тектонических движений, проявившихся вслед за метаморфизмом пород
Кальцит, халцедон, накрит	Встречаются часто, но в крепких углях дают второстепенный кливаж „в зуб"	Менее зияющие	
Осадки глинистых растворов каолинита	Часто дают зияющий кливаж; вдоль плоскостей происходят отрывы угольной массы при газовых выбросах	Наиболее зияющие	Одновременно с образованиями главной антиклинали
Северное крыло ртутного рудника-киноварь	Дают зоны слабого или перетертого угля	Стенки трещин притерты, на них часто имеются зеркала и борозды трения	
В углях и углистых сланцах-пирит		На границе между углями и углистыми сланцами с прочими более крепкими породами постоянное наличие отшлифованных зеркал трения	Частично во время накопления пород, частично во время метаморфизации с усилениями во время образования антиклинали

Наблюдения производились на разных глубинах — от дневной поверхности до глубины 750 *м* и охватывали толщу угленосных отложений, заключенную между свитами *I* и *N*.

Документация трещиноватости и обработка наблюдений

Полевые наблюдения записывались в полевой журнал в произвольной форме, но включали все данные, необходимые для решения поставленной задачи.

Для характеристики ориентировки и густоты трещиноватости результаты замеров видимой трещиноватости горного массива извлечены из полевых журналов и сведены в таблицу по участкам и элементам геологических структур в форме табл. 5.

В примечании указываются дополнительные сведения, величина магнитного склонения в районе, дополнительные замеры густоты трещин в данной точке и пр.

Таблица 5

Замеры видимой трещиноватости горного массива

Место залегания		Элементы залегания				Густота трещин		Примечание
		пласта		трещины				
горизонт, выработка	пласт		δ^0	A^0_n	Δ^0	m, *м*	l, *м*	
А. Северное крыло главной антиклинали								
4. Поле шахты им. М. И. Калинина								
Горизонт 520 квершлаг с ——— по ———	песчаник сланец	283	54	158	65	0,35	0,25	17/VIII 1955 г. Магнитное склонение +6°40′

В таблице: α — простирание пласта; δ — угол падения пласта; A_n — магнитный азимут линии падения трещины; Δ — угол падения трещины; m — мощность слоя, пересекаемая трещиной; l — расстояние между соседними трещинами одной и той же системы по нормали к ним.

Число замеров на отдельных участках колебалось от 30 до 196, что обусловлено в основном возможностью наблюдений и отчасти желанием получить реальный исходный материал для оценки оптимального числа наблюдений, необходимого для достаточно надежного выделения систем трещин по их ориентировке.

Рассмотренный ранее [7] вопрос обработки и документации трещиноватости на маркшейдерских планах здесь приводится применительно к характеристике трещиноватости горного массива на более обширной площади — на территории Центрального района. По каждому участку ориентировка трещиноватости удобно характеризуется круговой точечной диаграммой, составленной на условной равнопромежуточной сетке с угловым интервалом 10° и радиусом круга 4,5 *см*. Как показывает опыт построения круговых точечных диаграмм, такая сетка проста, удобна и достаточно точна, она соответствует точности исходных данных и удовлетворяет требованиям поставленной задачи. Удобно точечные диаграммы составлять и на прямоугольных сетках. Составленные по

участкам диаграммы наглядны и по ним легко выделяются системы трещин по средним значениям элементов залегания. При этом соблюдалось условие, по которому каждая система включала наиболее плотные скопления трещин (точек на диаграмме). Элементы залегания трещин внутри этих скоплений изменялись в пределах 30° Величина 30° в данном случае соответствовала размерам очагов скопления точек на составленных диаграммах и обеспечивала включение в выделенные системы представительного числа замеров. Последнее по отдельным участкам колеблется от 60 до 90%, т. е. представительность замеров, входящих в выделенные системы, является достаточно высокой.

Ориентировка каждой системы трещин далее характеризовалась средними значениями азимута падения и угла падения, полученными на диаграмме способом равноделящих радиусов и дуг окружностей [7].

Средние элементы залегания трещин системы на точечной диаграмме отмечались центром кружка, залитого черной тушью. Максимальное отклонение элементов залегания трещин, входящих в данную систему, от средних элементов залегания равно $\pm 15°$. Ориентировка трещиноватости каждого участка представлена круговой точечной диаграммой, составленной по азимутам падения и углам падения трещин (рис. 1).

В целях дальнейшего обобщения и выяснения взаимоотношений между средними значениями элементов залегания

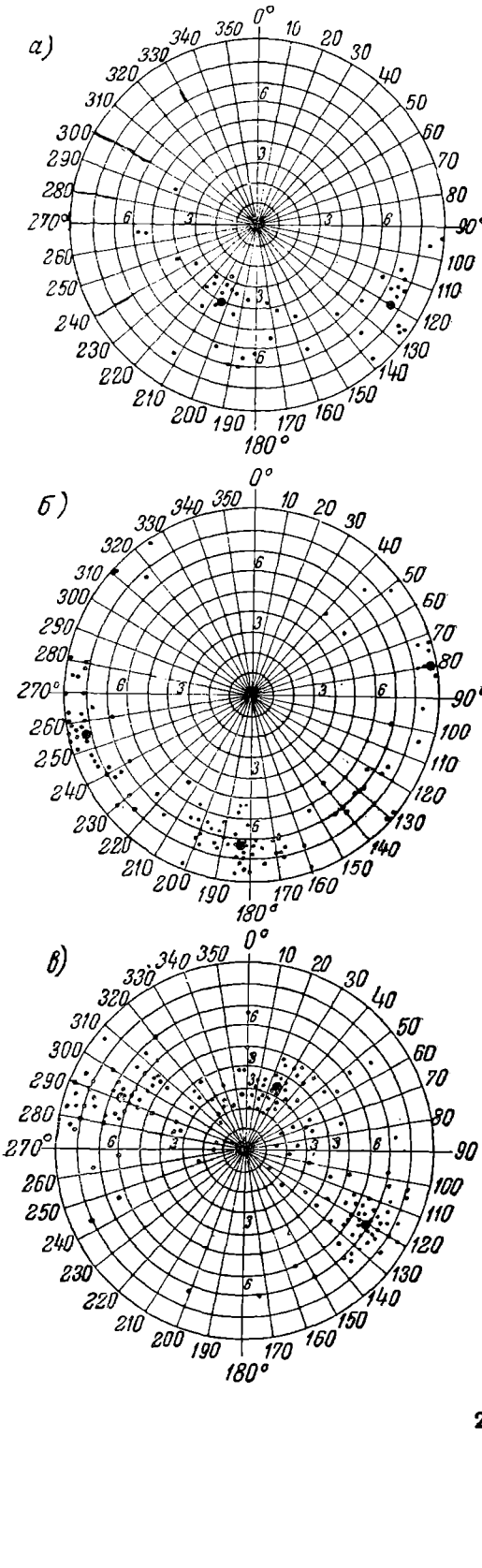


Рис. 1. Точечные диаграммы трещиноватости горного массива на участках:

а — поле шахты им. М. И. Калинина; *б* — район шахты Дзержинская-Глубокая; *в* — поле шахт № 8-а им. И. В. Сталина и № 9 Подземгаз

Таблица 6

Средние значения элементов залегания пород, основных смещений и систем секущих трещин

Участки	Пород		Основных смещений		Систем секущих трещин					
					несогласно падающих				согласно падающих	
					поперечных		продольных			
	α°	δ°	A°	Δ°	A°	Δ°	A°	Δ°	A°	Δ°
Северное крыло антиклинали										
Район шахты Дзержинская-Глубокая	280	30—40	170	70—80	1/175 1′/350	1/83 1′/88	2/93	2/72	—	—
Шахта № 4/5 Никитовка, шахта им. Румянцева	290	60—65	154 270	20 60—65	1/181	1/56	2/120	2/25	—	—
Шахта им. М. И. Калинина	280	52—70	270	60	1/30	1/74	2/110	2/40	—	—
Шахта Ново- Кондратьевка	319	70	270	60	1/50 1′/80 1″/226	1/62 1′/80 1″/66	2/119 2′/155 —	2/50 2′/50 —	3/282 —	3/52 —
Шахта № 5, ШУ № 4	294	64	257	65—75	1/19 1′/190	1/80 1′/86	2/80	2/28	3/290 3′/345	3/60 3′/74
Южное крыло антиклинали										
Шахта Центральная им. Ф. Э. Дзержинского	110—120	52—54	75	65	1/24—204	1/90	2/296	2/32	3/120	3/65
Шахта Горловка-Глубокая	115	62	75	60	1/08	1/78	2/300	2/28	—	—
Шахта № 1/3 Кочегарка	117	53	85	65—70	1/10 1′/197	1/77 1′/76	— 2/293	— 2/303	— —	— —
Шахта № 8-а им. И. В. Сталина .	110—112	66—71	85	65—70	1/30 1′/203	1/71 1′/66	2/295	2/30		
Шахта Красный Октябрь	112	68	215 85	45 60—75	1/17 1′198	1/85 1′/85	2/300	2/23	—	
Шахта Юнком	117	78	90	75	1/10 1′/195	1/73 1′/75	2/275 —	2/12 —		

Примечание: В табл. 6 и 7 цифрами 1, 1′ и 1″ указаны средние элементы залегания поперечных несогласно падающих секущих трещин 85., 2, 2′ — продольных несогласно падающих систем трещин; 3, 3′ — согласно падающих систем.

пород, основных смещений и выделенных систем трещин были составлены для рассматриваемых участков обобщенные точечные круговые диаграммы, на которых элементы залегания плоскостей даны средними простираниями и углами падения. Углы падения изображены центром кружка и прямой линией. Расстояние от центра диаграммы до

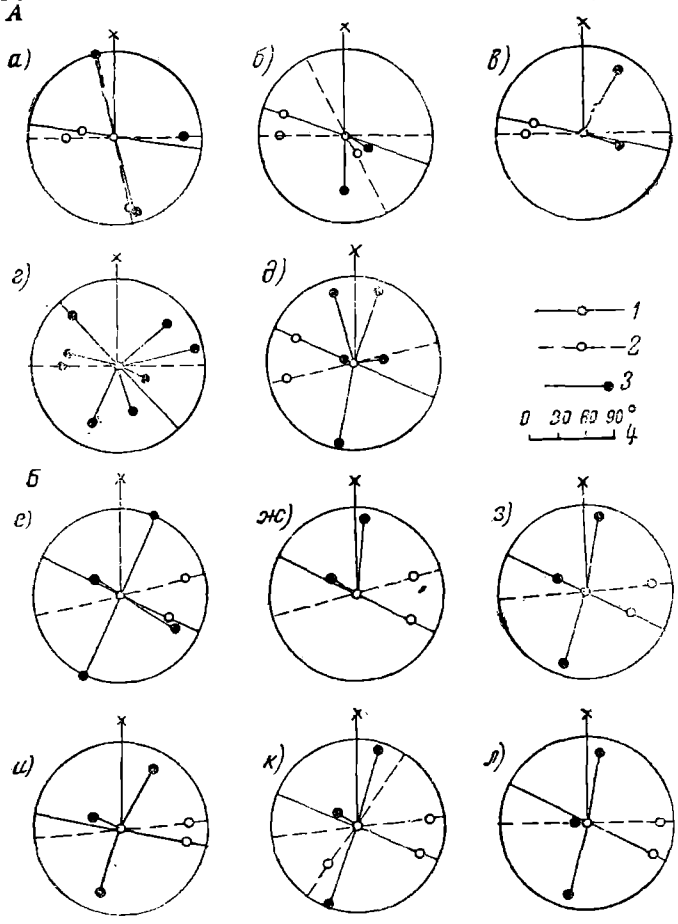


Рис. 2. Обобщенные точечные диаграммы для главной антиклинали:

А — северное крыло; *Б* — южное крыло. Шахты: *а* — Дзержинская-Глубокая; *б* — № 4—5 Никитовка и им. Румянцева; *в* — им. М. И. Калинина; *г* — Ново-Кондратьевка; *д* — № 5 ШУ, № 4; *е* — Центральная имени Ф. Э. Дзержинского; *ж* — Горловка-Глубокая; *з* — № 1—3 Кочегарка; *и* — № 8а им. И. В. Сталина и № 9 Подземгаз; *к* — Красный Октябрь; *л* — Юнком (участок № 60); *1* — элементы залегания пород; *2* — элементы залегания основных смещений; *3* — средние элементы залегания выделенных систем трещин; *4* — углы падения плоскостей

центра кружка, при радиусе диаграммы R, приравненном 90°, выражает углы падения плоскостей, а направления этих отрезков от центра диаграммы к центрам кружков — соответствующие простирания плоскостей. Радиус этих так же, как и исходных круговых точечных диаграмм удобно брать равным 4,5 *см*.

Как видно на рис. 2, где указаны обобщенные круговые точечные диаграммы для северного и южного крыльев главной антиклинали, выделенные системы секущих трещин по отношению к напластованию пород являются как согласно, так и несогласно падающими при преимущест-

венном развитии вторых. По отношению к простиранию пород системы секущих трещин называются поперечными и продольными при отнесении к ним и тяготеющих диагональных систем. Средние значения элементов залегания пород основных смещений и выделенных систем секущих трещин приведены в табл. 6. Значения двугранных углов между выделенными системами секущих трещин, характеризуемыми средними значениями элементов залегания и напластованиями пород, указаны в табл. 7.

Таблица 7

Двугранные углы между плоскостями напластования и секущими трещинами

Участки	1			2	2′	3	3′
Северное крыло антиклинали							
Район шахты Дзержинская-Глубокая	90	90	—	72	—	—	—
Шахта № 4—5 Никитовка	90	—		88			—
Шахта им. Румянцева	—		—	—	—		—
Шахта им. М. И. Калинина	74	—	—	88	—	—	
Шахта Ново-Кондратьевка	80	64	90	82	62	40	—
Шахта № 5 ШУ № 4	82	90	—	90	—	54	48
Южное крыло антиклинали							
Шахта Центральная им. Ф. Э. Дзержинского	82	—	—	86	—	17	—
Шахта Горловка-Глубокая	82	—		90	—	—	—
Шахта № 1—3 Кочегарка	88	88		60		—	
Шахта № 8-а им. И. В. Сталина, № 9 Подземгаз	65	90	—	82		—	
Шахта Красный Октябрь	84	88	—	86		—	
Шахта Юнком	68	70		90	—	—	

Все системы трещин, по данным табл. 7, можно условно разделить на нормально секущие, близкие к ним и кососекущие, относя к первым плоскости, образующие двугранные углы с напластованием от 90 до 60°, ко вторым — плоскости, образующие углы меньшие 60°. Условность этой группировки объясняется значительными колебаниями отклонений отдельных значений элементов залегания секущих трещин, входящих в ту или иную систему, от средних элементов залегания последней.

Как видно из табл. 7, нормально секущие (и близкие к ним) трещины преобладают над кососекущими. Эта особенность и редко наблюдаемая затертость поверхностей повсеместно распространенных трещин в песчанисто-глинистых отложениях свидетельствует о преимущественном развитии трещин отрыва. Кососекущие трещины играют подчиненную роль. Четкое выделение поперечных и продольных секущих трещин отчетливо видно на рис. 2. В натуре же первые выражены несколько лучше, чем вторые. Поэтому, поперечная трещиноватость здесь Г. А. Ивановым и другими исследователями называется основной [2].

Учитывая общее небольшое погружение главной антиклинали к западу, можно было ожидать более выраженного преобладания восточного падения поперечно секущих трещин над западным их падением, чем это вытекает из полученных материалов и наблюдений. Хотя это преобладание и имеет место, но не создает в западных и восточных лавах явно ощутимых различий в условиях работы. Как следует из

рис. 2, связь повсеместно распространенных трещин с основными смещениями остается более завуалированной, чем связь их с элементами складки.

Выявленные выше отношения трещиноватости к элементам складки на обоих ее крыльях сохраняют один и тот же общий характер, независимо от стратиграфического положения угленосных отложений в массиве.

Наблюдения показывают как согласие, так и некоторое несогласие в ориентировке трещин угольных пластов и вмещающих пород. Несогласия выражаются острыми (до 15—20°) углами. Таким образом, общий характер ориентировки трещин в угольных пластах и вмещающих породах сохраняется.

Общая характеристика ориентировки трещиноватости угленосных отложений района представлена на схематической геологической карте, где указаны выделенные по каждому участку наблюдений системы трещин (рис. 3). В отличие от общераспространенного на геологических картах способа изображения трещиноватости в виде линий, здесь принято «точечное» изображение, рекомендованное ранее [7] для изображения мелких смещений и трещиноватости на маркшейдерских планах. При этом условный знак трещиноватости представляет собой уменьшенное изображение обобщенной точечной круговой диаграммы трещиноватости на условной равнопромежуточной сетке ($R = 9$ *мм*). Кружки, залитые тушью, характеризуют средние элементы залегания выделенных систем трещин. Среднее простирание трещиноватости данной системы определяется углом между положительным направлением оси x и прямой, соединяющей центр условного знака с центром соответствующего залитого тушью кружка, средний угол падения — длиной этой линии (1 *мм* = 10°).

Не отрицая общепринятого способа изображения трещиноватости на геологических картах, точечный способ следует рекомендовать как удобный во многих случаях дополнительный прием. Он позволяет при требуемых расчетах давать достаточно точную характеристику средней ориентировки систем трещин на участке. При необходимости изображения трещиноватости на карте в виде линий последние легко могут быть построены по точечному ее изображению.

Вторым важным показателем трещиноватости является густота видимых трещин. Она, хотя и не полностью выражает трещиноватость (имеется еще и микротрещиноватость), тем не менее имеет большое практическое значение, так как видимые трещины являются плоскостями наибольшего ослабления пород.

Как отмечалось выше, густота видимых трещин или интенсивность трещиноватости может характеризоваться величинами m и l. Первая из них выражает мощность породы, на которую она расчленена той или иной секущей трещиной по нормали к напластованию. Так как секущие трещины обычно ограничиваются плоскостями ослабления, параллельными напластованию, то величина m одновременно характеризует густоту этих плоскостей или мощность слоев, на которые расчленен пласт. Величина же l, выражая расстояние по нормали между двумя соседними секущими трещинами одной и той же системы, в совокупности определяет густоту секущих трещин.

Как показывают наблюдения, величины m и l для одной и той же породы колеблются в больших пределах как внутри данной системы трещин, так и по участку. Поэтому общая характеристика густоты трещиноватости отдельных пород по участку определяется средними значениями m и l (табл. 8). Величины m и l в совокупности с ориентировкой

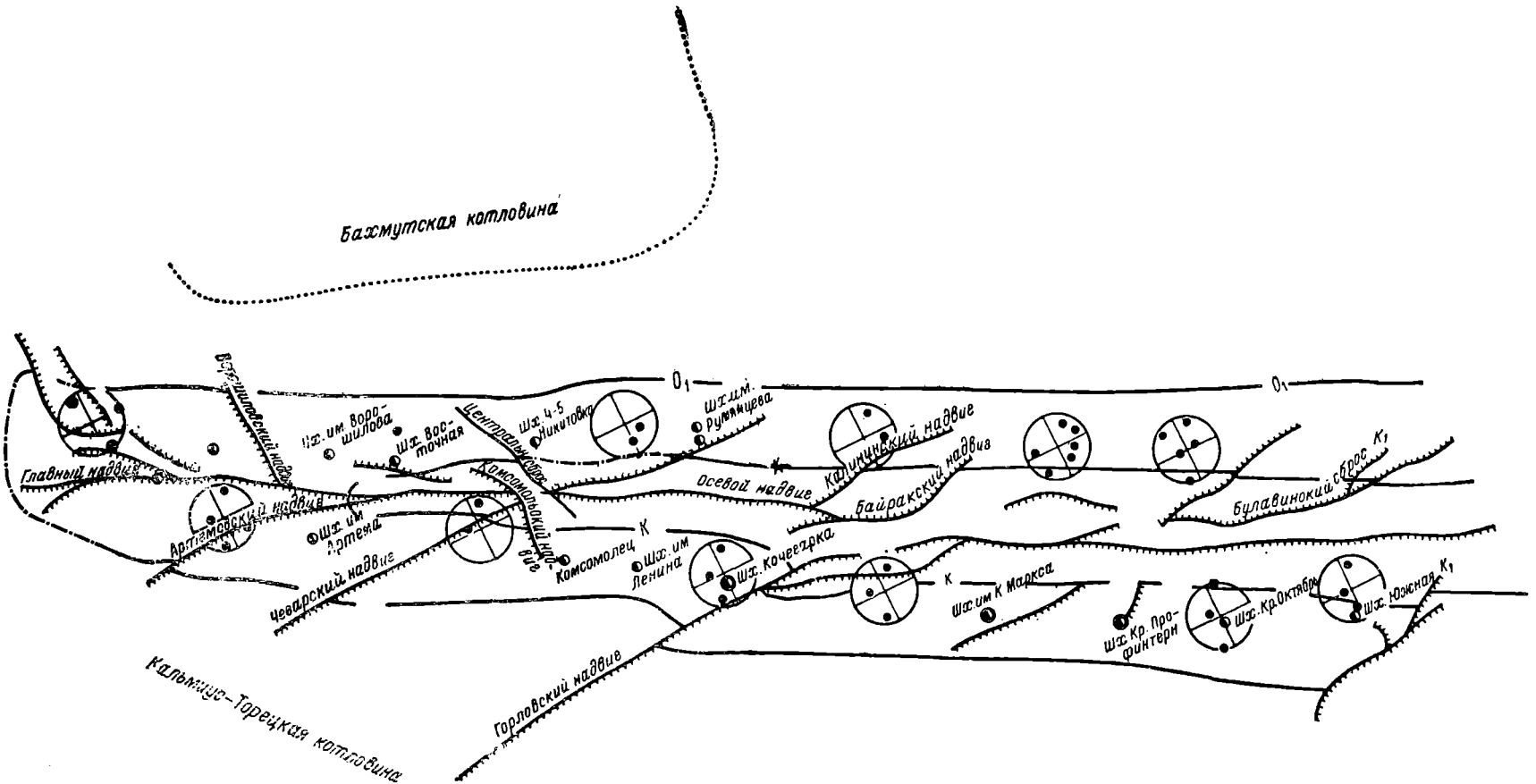


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Центрального района Донбасса с нанесением трещиноватости пород

трещин обусловливают форму и размер блоков, на которые каждая порода расчленяется трещинами. При благоприятных условиях направления возможных элементарных перемещений блоков определяются положением трещин. Максимальное ослабление пород наблюдается по плоскостям (трещинам), параллельным напластованию.

Таблица 8

Средние значения m и l по отдельным породам и участкам

Порода	Участок	m		l	
		среднее	минимальное	среднее	минимальное
Песчаник	Район шахты Дзержинская — Глубокая (карьер)	0,74	0,20	0,73	0,17
	Шахта Ново-Кондратьевка (H = 380 *м*)	0,19	—	0,11	—
	Шахта Центральная им. Ф. Э. Дзержинского (карьер)	0,50	0,10	0,51	0,07
	Шахта Горловка — Глубокая (карьер)	0,71	0,18	0,80	0,14
	Шахта № 1—3 Кочегарка (H = 750 *м*)	0,56	0,16	0,22	0,08
	Там же, поверхность	0,25	0,10	0,30	0,04
	Шахта № 8-а им. И. В. Сталина, № 9 Подземгаз (H = 243 – 526 *м*)	0,24	0,10	0,20	0,62
	Шахта Красный Октябрь (карьер)	0,44	0,15	0,34	0,08
	Шахта Юнком (карьер)	0,38	0,10	0,27	0,08
Песчано-глинистый сланец	Шахта Горловка — Глубокая (H = 18 *мм*)	0,31	0,13	0,27	0,13
	Шахта № 1—3 Кочегарка (H = 750 *м*)	0,26	—	0,39	—
	Шахта № 8-а им. И. В. Сталина, № 9 Подземгаз	0,42	0,10	0,19	0,08
Глинистый сланец	Шахта № 1—3 Кочегарка (H = 750 *м*)	0,49	—	0,46	—

Как видно из табл. 8, трещиноватость в песчаниках на поле шахты Ново-Кондратьевка более интенсивна, чем на других участках. Перемятость угольных рабочих пластов выражается показателем общей нарушенности, равным 53% [12]. Таким образом, более интенсивная трещиноватость на участке находит свое отражение как в податливых углях, так и в прочих песчаниках.

На рис. 3 трещиноватость Ново-Кондратьевского участка представлена максимальным числом выделенных систем трещин. Более высокая нарушенность вмещающих пород на этой шахте по сравнению с соседней шахтой им. М. И. Калинина косвенно фиксируется более высоким расходом леса (табл. 9).

Более высокий расход леса в западных лавах, чем в восточных (табл. 9) свидетельствует о более тяжелых условиях поддержания кровли в западных лавах, вызванных, вероятно, преимущественным наклоном поперечно секущих трещин к востоку.

По табл. 8 не усматривается прямая связь между величинами m и l и глубиной залегания пород. Не подтверждается и широко распространенное представление о том, что средние величины l значительно больше средних величин m. Однако как по материалам этого района,

Таблица 9

Расход леса на 1000 *т* добытого угля (1954 г.)

Шахта Ново-Кондратьевская			Шахта им. М. И. Калинина		
пласт	лава	расход леса, $м^3$	пласт	лава	расход леса, $м^3$
Александровский Великан	Восточная	81,3	Александровский Великан	Восточная	56,0
	Западная	88,5		Западная	69,0
	Восточная	58,8		Восточная	49,3
	Западная	65,2		Западная	64,3
Куцый	Восточная	57,3	Куцый	Восточная	42,4
	Западная	57,6		Западная	50,3

так и других мест выявляется, хотя и сложная, но прямая связь между *т* и *l*. Это находит свое теоретическое и экспериментальное подтверждение. Табл. 8 свидетельствует о неравномерности развития повсеместно распространенных трещин. Из изложенного выше видно, что число систем трещин, их ориентировка, выражаемая средними элементами залегания, в пределах главной антиклинали характеризуется некоторой устойчивостью. В этом отношении густота видимых трещин является более сложным показателем, чем их ориентировка. По участку каждая система трещин численно выражается средними значениями *т* и *l*.

Таким образом, полная характеристика трещиноватости по тому или иному участку должна включать точечную круговую диаграмму (для горизонтального и пологого залегания — диаграмму-розу) и показатель густоты видимой трещиноватости. Показатель густоты трещиноватости по величинам *l* может быть представлен, например, для трех систем секущих трещин в следующей форме $\frac{(4)}{1\,(10),\ 2\,(8),\ 3\,(6)}$, где цифра перед круглой скобкой — обозначение системы трещин, цифра в скобках — показатель густоты трещин той же системы, в числителе дается показатель густоты трещин, параллельных напластованию.

Обзор точечных круговых диаграмм трещиноватости по участкам показывает, что оптимальное число замеров трещиноватости на шахтном поле, позволяющее надежно выделять системы трещин по их ориентировке, колеблется от 100 до 150. Отдельный выемочный участок может характеризоваться в этом отношении 40—50 замерами.

Заключение

Значение трещиноватости горного массива для условий ведения горных работ не подлежит сомнению.

Более ясно значение ориентировки трещин в угольных пластах и вмещающих породах для выбора направления очистного забоя при разработке горизонтально залегающих и пологопадающих угольных пластов.

Более сложным представляется влияние трещиноватости на направление отработки, работу механизмов, управление кровлей и характер процессов, происходящих в горном массиве под влиянием горных разработок.

Решение указанных и многих других горных задач связано с определением условий разрушения горных пород.

Анизотропия (слоистость, трещиноватость) играет большую роль в характере и форме разрушения горных пород и их движения над выработанным пространством.

При учете влияния трещиноватости на механизм разрушения и движения пород для данных условий требуется оценка нормальных и касательных напряжений по плоскостям ослабления в разных точках массива. Для этого надо знать напряженное состояние в породе, прочностную ее характеристику, пространственную ориентировку плоскостей анизотропии и интенсивность трещиноватости.

Таким образом, пространственная или геометрическая характеристика ориентировки и интенсивности трещиноватости горного массива в разных его местах является необходимой для решения отдельных горных вопросов. И ее получение должно обеспечиваться на шахте геолого-маркшейдерской службой.

Рассмотренный выше прием точечной характеристики трещиноватости горного массива будет полезен для этой цели.

Использованная литература

1. Банковский В. А. Трещиноватость в породах карбона Центрального района Донецкого бассейна. Труды геол. иссл. бюро Главуглеразведки. Углетехиздат, 1949.

2. Иванов Г. А. Кливаж (отдельности) в углях и вмещающих породах и пути его практического использования. ГОНТИ, 1939.

3. Иейте Е. С. Кливаж и другие макроскопические признаки пластов, склонных к внезапным выделениям в горной промышленности, «Безопасность труда», 1935, № 6.

4. Иейте Е. С. Исследование трещиноватости пластов Горловского антиклинария, склонных к внезапным выделениям. Труды МАКНИИ, 1938, т. IV

5. Мефферт Б. П. Ископаемые угли Донецкого бассейна. Вып. 1, изд. Геолкома, 1915.

6. Скочинский А. А. Современные представления о природе внезапных выбросов угля и газа в шахтах и меры борьбы с ними (по материалам центральной комиссии по внезапным выбросам АН СССР и МУП СССР). Уголь, 1954, № 7.

7. Ушаков И. Н. Об изображении мелких смещений и трещиноватости на маркшейдерских планах. Труды ВНИМИ, 1954, сб. XXIX.

8. Ушаков И. Н. Изучение трещиноватости горного массива и угольных пластов в Центральном районе Донбасса. Рукопись. Фонды ЛГИ, 1955.

9. Шатилов В. А. Исследование геологического строения угольных пластов Донбасса, опасных по внезапным выбросам. Диссертация. Фонды МАКНИИ, 1953.

10. Эттингер И. Л., Штеренберг А. Г., Яблоков В. С. О связи между строением угольных пластов и явлениями внезапных выбросов. «Уголь», 1953, № 12.

11. Эттингер И. Л., Штеренберг А. Г., Яблоков В. С. О связи между строением угольных пластов и скоростью отдачи углями метана. Изв. АН СССР. Серия геол., 1953, № 2.

12. Определение связи внезапных выбросов угля на шахтах Донбасса с геологическим строением участков, строением угольных пластов и физико-механическими свойствами. Отчет о работе институтов — АН СССР (ИГН, ИГД, Геофиан) МУП СССР (ВУГИ, ДОНУГИ, ВНИМИ, трест Артемуглегеология). Фонды ВНИМИ, 1952—1953.

13. Фондовые геолого-маркшейдерские материалы трестов и шахт в Центральном районе Донбасса.