Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. ХХУ, 1978 г.

ИЗУЧЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ КАК ПРОГНОЗНОГО ФАКТОРА РАЗРЫВНОЙ НАРУШЕННОСТИ ПО ВОРКУТСКОМУ И ВОРГАШОРСКОМУ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ ПЕЧОРСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

А.М.ЗЫСИН, В.В.КИРЮКОВ,
В.Ф.КОПЧЕНОВ, С.В.ПАРАДЕЕВ

Внедрение в практику угледобычи современной комплексной механизации предъявляет повышенные требования к детальности и достоверности прогнозирования горно-геологических условий отработки и осложняющих их факторов. К таким факторам на Воркутском и Воргашорском угольных месторождениях относятся прежде всего малоамплитудные разрывные нарушения в угольных пластах со смещением менее 10 м, которые в связи со своими параметрами не устанавливаются при разведочных работах, поэтому встреча их подготовительными и очистными горными выработками оказывается в той или иной мере неожиданной.

В соответствии с теорией образования тектонических нарушений, разрыв сплошности массива пород происходит при таком объемном напряженном состоянии, когда главные нормальные тектонические напряжения, действующие

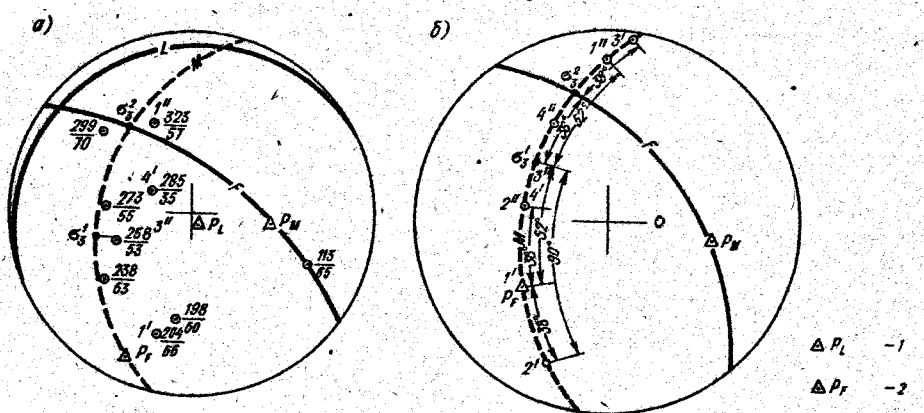


Рис. 1. Круговые диаграммы систем трещиноватости: а – определение угла скалывания φ ; б – определение угловых соотношений между сопутствующими системами трещин на основе найденного значения φ

L – меридиан-проекция плоскости угольного пласта; *M* – меридиан – проекция плоскости перемещения; 1 – полюс пласта (проекция нормали к плоскости пласта); 2 – полюс сместителя разрыва; 3 – полюс плоскости перемещения; 4 – проекция оси тектонического напряжения и ее наименование; 5 – полюс сопутствующей системы трещин и ее диагностика (в числителе – азимут угла падения, в градусах; в знаменателе – угол падения, в градусах)

во взаимно перпендикулярных сечениях, достигают предельных значений, удовлетворяющих условию $\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1$, где σ_3, σ_2 и σ_1 — соответственно наибольшее сжимающее, промежуточное и наибольшее растягивающее напряжения [I, 2]. Сместитель дизъюнктива ориентирован вдоль оси σ_2 и его плоскость составляет с осью σ_3 угол $\varphi \leqslant 45^0$, называемый углом скалывания [I]. Согласно наблюдениям трещиноватости по северо-восточной части Воргашорского месторождения (шахтное поле № 20) и обработке этих данных на поперечной картографической сетке, угол φ принимается равным 38^0 (рис.I,а). Тектонические напряжения, действующие в период зарождения, развития и затухания дизъюнктива, приводят к появлению в массиве пород не только сместителя с перемещением крыльев по нему, но и сопряженных систем сопутствующих (социзъюнктивных [I]) тектонических трещин сколового и отрывного типа, особенно четко проявляющихся в угольных пластах и обозначаемых далее, соответственно, I'-I", 2'-2", 3'-3" и т.д. Плоскости сопряженных систем сопутствующих трещин определенным образом ориентированы в пространстве относительно плоскости парагенетичного сместителя разрыва и осей тектонических напряжений. Соответствующие угловые соотношения определены исходя из найденного значения угла скалывания φ (рис.I,б).

Таким образом, на основе выявления сопутствующей трещиноватости и диагностики систем, в нее входящих, по пространственному положению могут быть получены прогнозные данные о наличии разрывного нарушения и положении в пространстве его сместителя. При этом необходимо учитывать, что проявление в горном массиве систем трещин, сопутствующих разрывам, соответствует волновому распределению тектонических напряжений. Среди множеств связанных друг с другом зон напряжений только отдельные выражаются в виде индивидуальных разрывов, другие же реализуются в системах трещин без смещений. Поэтому прямое прогнозное значение имеют сопряженные системы трещин 2'-2" и более высоких порядков, поскольку их наличие в крыльях указывает на действие тектонических напряжений, приведших к перемещению по сместителю; системы трещин I'-I" лишь косвенным образом прогнозируют разрыв, так как их наличие в крыльях свидетельствует только о действии напряжений, вызвавших образование сместителя, перемещения по которому могло в дальнейшем и не произойти.

Прогнозное значение сопутствующей трещиноватости изучено в угольных пластах и породах кровли на отдельных шахтных полях и участках Воркутского и Воргашорского месторождений по результатам полевых наблюдений, обработанных на круговых диаграммах с использованием продольных и поперечных картографических сеток В.В.Каврайского в соответствии с методикой Лаборатории шахтной геологии и геометризации недр ВНИМИ [I, 2].

Наблюдения трещиноватости, по горным выработкам действующих шахт проведены Шахтной геологической службой объединения «Воркутауголь", в меньшей степени – тематической партией Воркутинской КГРЭ и авторами настоящей статьи. Всего наблюдалось I4 пересечений разрывных нарушений, по которым произведено более 600 замеров единичных трещин или систем трещин. По обнаженным стенкам горных выработок в интервале сотен метров измерялись горным компасом азимуты и углы падения отдельных трещин и ин-

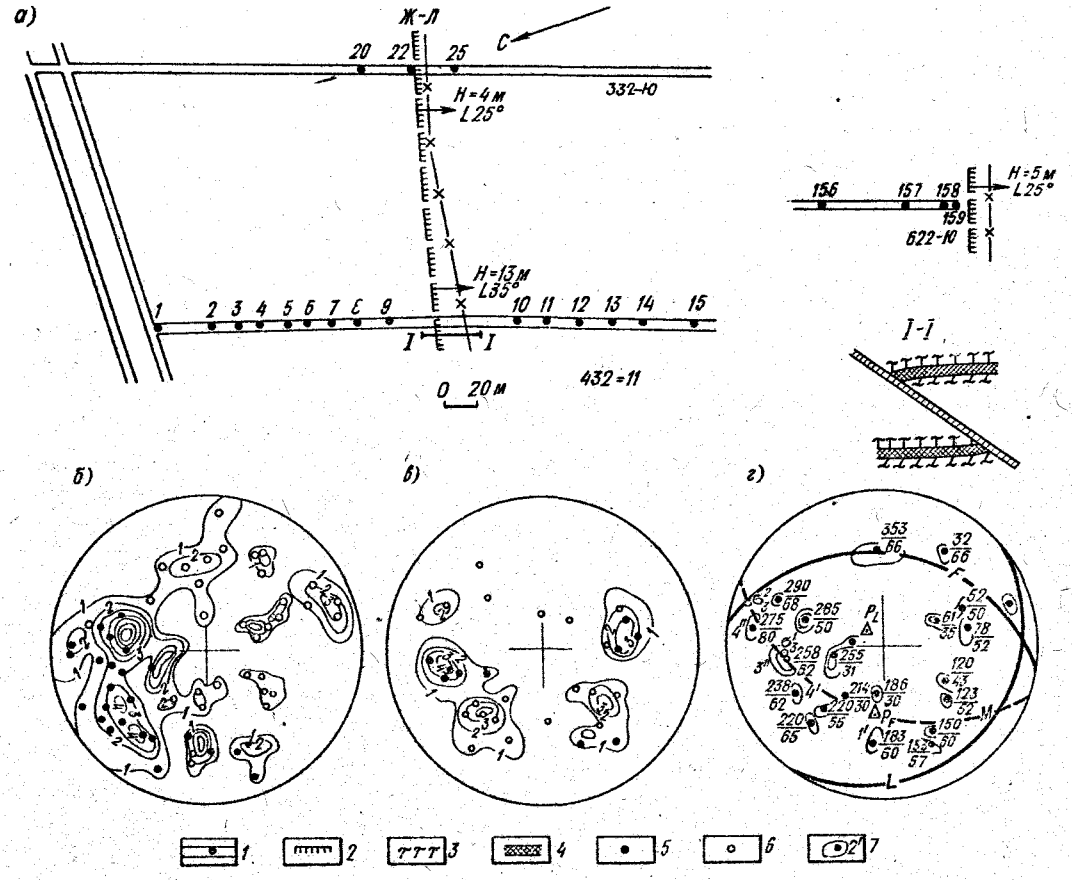


Рис.2. Характеристика участка наблюдения трещиноватости в центральной части восточного крыла Воркутской мульды (а) и круговые диаграммы: б и в – системы трещин в изолиниях плотности их полюсов, соответственно лежачее опущенное и висячее поднятое крылья разрыва; г – диагностики сопутствующих систем трещин

1 – пункт наблюдения и замеров трещиноватости; 2 – пересечение плоскости смесителя разрыва с пластом угля; 3 – алевролит кровли и почвы пласта угля; 4 – пласт угля; 5 – замер трещины в угле; 6 – замер трещины в кровле; 7 – полюс сопутствующей системы трещин и ее диагностика; остальные обозначения те же, что на рис.1

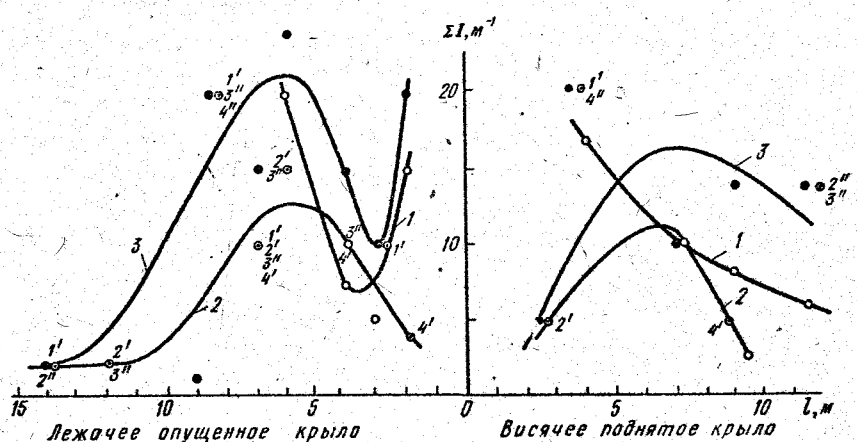


Рис.3: Интенсивность трещиноватости в зависимости от расстояния до смесителя разрыва по участку наблюдения в центральной части восточного крыла Воркутской мульды

1 – фоновой; 2 – сопутствующей; 3 – суммарная

тенсивность[x] систем трещин. На картографических сетках выделялись отдельные системы трещин. Для этого замеры элементов залегания отдельных трещин усреднялись путем построения изолиний плотности их полюсов (процольная сетка). Затем эти системы трещин подразделялись на фоновые и сопутствующие соответствующего порядка по пространственному положению относительно сместителя разрыва с учетом найденных угловых соотношений с осями тектонических напряжений (поперечная сетка).

Результаты изучения сопутствующей трещиноватости и ее прогнозного значения рассматриваются на примере отдельных наиболее характерных участков и тектонических зон.

I. Центральная часть восточного крыла Воркутской мульды (шахтное поле № 40) на участке развития взброса Ж-Л (рис.2).

Наблюдение проведено по трем штрекам, два из которых (332-Ю и 432-Ю) вскрывают разрыв по простиранию (пласт "Четвертый"), а один (622-Ю) - на более высоком стратиграфическом горизонте (пласт "Тройной"). Сопутствующая трещиноватость представлена системами: 183/60, которая диагностируется как 1'; 150/60-153/67 - 2', 214/38-220/55 - 2"; 258/62 - 3"; 238/62 - 4' и 275/80 - 4". Трещины систем 1', 2' и 2" появляются на удалении от сместителя и развиты как в породах кровли, так и в пластах угля. Наиболее отчетливо выражена система 2". Трещины систем 3", 4' и 4" поражают в основном угольные пласты. Наиболее проявленной является система 3"; системы 4' и 4" представлены единичными трещинами. Сопутствующая трещиноватость устанавливается главным образом в лежачем опущенном крыле взброса, в висячем поднятом крыле она представлена лишь единичными трещинами. Отмечается выдержанность развития ее по простиранию и по падению сместителя. Повсеместное развитие имеет эндогенная трещиноватость, представленная послойными (255/31, 270/20) и нормальносекущими системами (160/84, 73-78/85). Они могут быть приняты в качестве фоновых.

Суммарная интенсивность трещиноватости, под которой понимается интенсивность трещин всех развитых систем, имеет максимум на расстоянии 190-70 м от сместителя (лежачее крыло) и уменьшается по мере приближения к сместителю (рис.3). Интенсивность сопутствующей трещиноватости в этом крыле возрастает в интервале 120-70 м за счет появления трещин системы 3" и уменьшается по направлению к сместителю. Этот интервал может быть принят за зону влияния разрыва [1]. Интенсивность нормальносекущей (фоновой) трещиноватости приблизительно постоянна, и лишь в интервале 30-50 м от сместителя наблюдается небольшой максимум, вызванный наличием послойных систем трещин в угольном пласте.

II. Центральная часть западного крыла Воркутской мульды (шахтное поле № 18) на участке затухания по простиранию сброса Ю в зоне развития флексурного залегания угольного пласта "Мощного" (рис.4).

К нормальносекущим относятся системы трещин 267/68; 270/55; 297/70 и 302/53. В области затухания разрыва и развития флексуры развиты систе-

---

[x] Под интенсивностью понимается число трещин на участок промера.

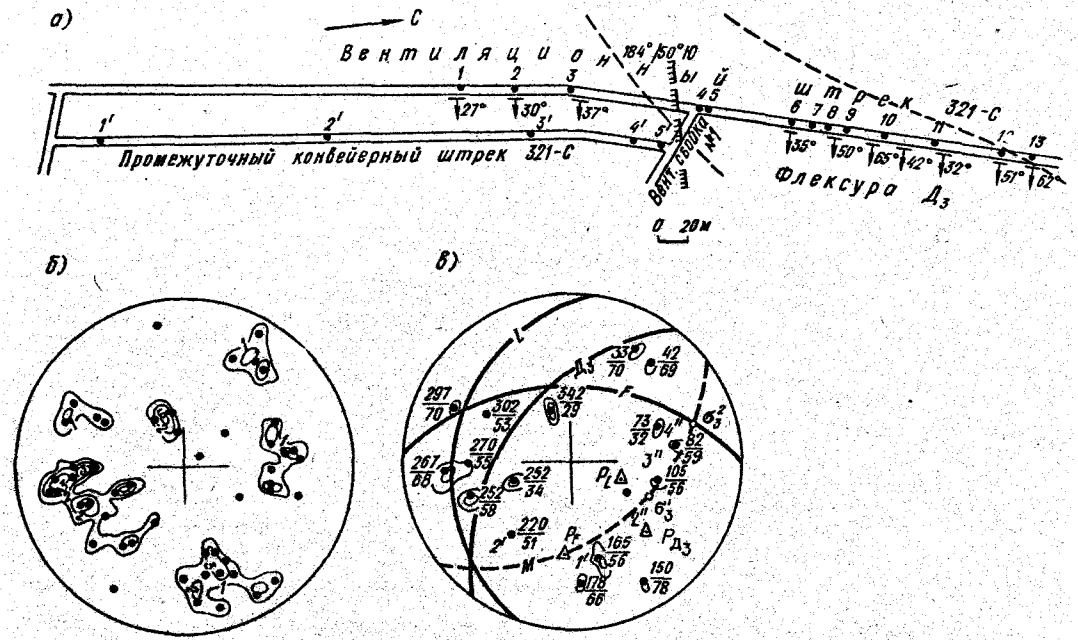


Рис.4. Характеристика участка наблюдения в центральной части западного крыла Воркутской мульды (а) и круговые диаграммы: б – систем трещин в изолиниях плотности их полюсов; в – диагностики систем трещин
1 – угол падения пласта; остальные обозначения те же, что на рис.1 и 2

мы 252/34-58; 342/29; 37/70 и 42/69, которые могут иметь прогнозное значение на резкое изменение падения пласта флексурного типа. Системы сопутствующих трещин: 165/56, которая диагностируется как I′; 220/51 – 2′; 105/50 – 3"; 73-82/52-59 – 4". Полюс флексуры также находится на меридиане – проекция плоскости перемещена, и его положение отвечает 2". Это свидетельствует о том, что в образовании флексуры участвовали тектонические напряжения, приведшие к перемещению по сместителю разрыва, на продолжении которого она находится. Наиболее отчетливо проявлена система 4". Трещиноватость, связанная с флексурой, выражена в висячем крыле разрыва. Нормальносекущая трещиноватость наблюдается повсеместно и может быть принята в качестве фоновой.

Зависимость интенсивности трещиноватости от расстояния до сместителя характеризуется графиком (рис.5). Суммарная интенсивность трещиноватости не превышает в среднем 5–10 трещин на I м. В висячем крыле разрыва она возрастает в интервале 330–220 м от сместителя, затем уменьшается и при приближении к сместителю в интервале 80–30 м вновь возрастает. Интенсивность трещиноватости, связанной с флексурой, изменяется аналогичным образом. Интервал 230–80 м может быть принят за зону влияния флексурного залегания пласта. В лежачем крыле разрыва суммарная интенсивность трещиноватости скачкообразно возрастает на расстоянии 250–100 м от сместителя, а по мере приближения к нему уменьшается. Интенсивность со-

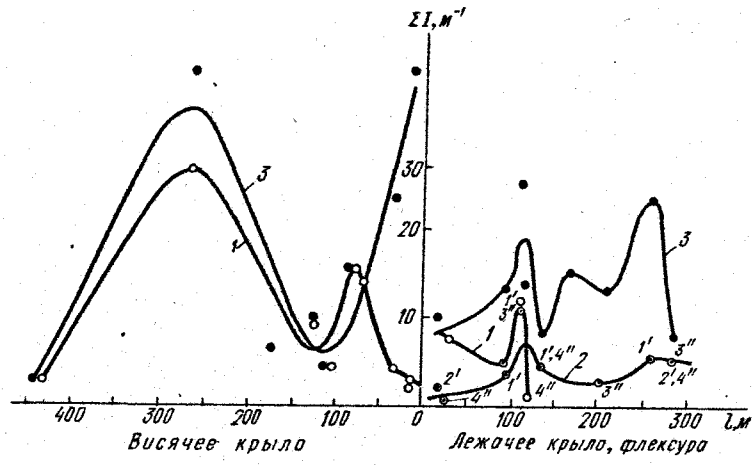


Рис.5. Интенсивность трещиноватости в зависимости от расстояния до сместителя разрыва по участку наблюдения в центральной части западного крыла Воркутской мульды
1 – связанной с флексурой; 2 – сопутствующей; 3 – суммарная

путствующей трещиноватости здесь заметно возрастает в интервале 150–100 м и менее отчетливо в интервале 300–250 м, а по мере приближения к сместителю уменьшается. Интервал 150–100 м может быть принят за зону влияния разрыва в лежачем крыле. Небольшой размер этой зоны объясняется тем, что наблюдение проводилось в зоне затухания разрыва.

Малоамплитудная дизъюнктивная нарушенность угольных пластов является количественно и пространственно зависимой от структурных особенностей отдельных участков и прежде всего от наличия крупных разрывов с амплитудой более 50 м, развитых на месторождениях [3]. Пространственная зависимость выражается в том, что малоамплитудные разрывы образуют системы, закономерно расположенные по отношению к контролирующему их крупному разрыву. На диаграмме (рис.6,а), построенной для одного из участков западного кры-

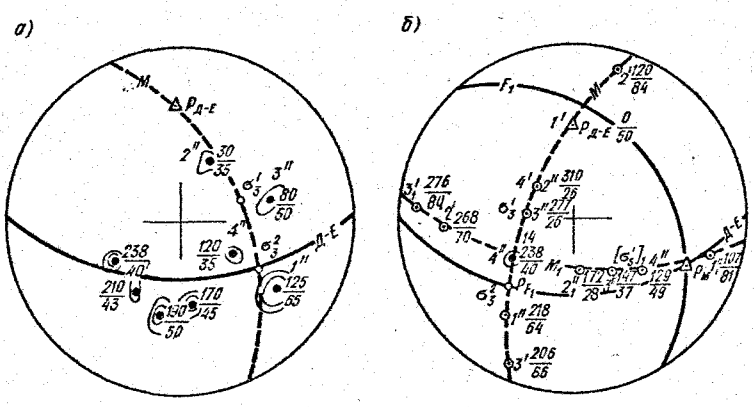


Рис.6. Зависимость пространственного положения малоамплитудных разрывов от крупного разрыва (а) и выявление прогнозных систем сопутствующей трещиноватости (б)
Условные обозначения те же, что на рис.1 и 2

ла Воркутской мульды в зоне развития крупного разрыва Д-Е взбросового типа с амплитудой 50-150 м, выделены следующие системы малоамплитудных разрывов: 30/35, которая может быть диагностирована по отношению к разрыву Д-Е как 2"; 80/50 - 3", 125/65 - 1" (в пределах висячего крыла) и 120/35 - 4" (в пределах лежачего крыла). Остальные системы малоамплитудных разрывов связаны с другими тектоническими напряжениями.

Установленная зависимость позволяет наметить в горном массиве пространственные области, в которых можно ожидать наличия определенных по ориентировке сопряженных систем трещин или малоамплитудных разрывов (рис.6,б). Среди малоамплитудных разрывов наиболее представительной, объединяющей наибольшее их количество, и отчетливо проявленной является система 238/40 (обозначено F_1). Принимая эту систему как сопряженную разрыву Д-Е, определяем положение M-меридиана, проходящего через полюса Д-Е и F_1 . На этом меридиане расположены полюса систем трещин, сопутствующих разрыву Д-Е, которые устанавливаются на основе найденных выше угловых соотношений между собой и осями тектонических напряжений. Система разрывов F_1 может быть диагностирована по отношению к разрыву Д-Е как 4". Полюса систем трещин, сопутствующих системе малоамплитудных разрывов F_1 , находятся на меридиане - проекции плоскости перемещения M_1 , проходящем через полюса F_1 и M.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие обобщения.

Установлено в пластах угля и породах кровли наличие определенных систем трещин, появление которых связано с развитием разрывных нарушений. Ориентировка в пространстве этих систем находится в зависимости от ориентировки сместителей разрывов. Развитие зон сопутствующей сопизъюнктивной трещиноватости достаточно выражено как по простиранию, так и по падению сместителя разрыва. Она поражает, как правило, одно из крыльев разрыва, а в противоположном проявлена слабо. Наблюдается зависимость между интенсивностью трещиноватости, в том числе и сопутствующей, от расстояния до разрыва. По мере приближения к сместителю, начиная в среднем с расстояния 150-80 м от него, суммарная интенсивность трещиноватости увеличивается приблизительно в 2-3 раза. В этом же интервале возрастает и интенсивность сопутствующей трещиноватости, которая затем по мере приближения к сместителю заметно уменьшается. Интенсивность фоновой трещиноватости сначала уменьшается, а затем, с приближением к сместителю, возрастает. Четкой зависимости между количеством систем трещин и расстоянием до разрыва не прослеживается. Определены угловые параметры пространственной зависимости между системами сопутствующих трещин и сместителями разрывов, что позволяет диагностировать эти системы по положению в пространстве относительно осей тектонических напряжений в соответствии с этапами развития разрывной нарушенности. Таким образом, по характеру интенсивности трещиноватости и появлению сопутствующих трещин систем 2'-2" и выше можно с определенной вероятностью прогнозировать на выемочных участках наличие разрывных смещений угольных пластов, а также положение в пространстве их сместителей и направление перемещения.

Выявлена пространственная зависимость между крупными разрывами и сопутствующими им малоамплитудными нарушениями, которая заключается в том, что последние группируются в пространстве в виде двух-трех систем, определенным образом расположенных относительно крупного разрыва. На этой основе, используя установленные угловые соотношения, теоретически намечены области, в которых следует ожидать появления систем сопутствующих трещин определенной ориентировки, соответствующих системам малоамплитудных разрывов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забродин А.С., Дупак Ю.Н., Любич Г.А. Прогноз элементов разрывных смещений на основе анализа круговых диаграмм трещиноватости и геометризации сместителей. Л., изд. ВНИМИ, 1970, 57 с.

2. Забродин А.С. и др. Методические указания по геометризации и прогнозу разрывных нарушений в пределах выемочных участков для шахт Кузбасса / Забродин А.С., Мишин Н.И., Тихонова С.Л., Дупак Ю.Н., Любич Г.А. Л., изд. ВНИМИ, 1973, 75 с.

3. Зысин А.М., Копченов В.Ф. Аналитическое исследование условий залегания пологого падающих угольных пластов применительно к Печорскому бассейну. - В кн.: Материалы Первой научно-техн. конф. по Печорскому бассейну. Серия геологическая. Воркута, 1974.