

25 коп.

Г. А. ЛЮБИЧ, Н. И. МИШИН, А. Л. ПАНФИЛОВ

**МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ
ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ
ИХ ОТРАБОТКЕ**

Учебное пособие

ЛЕНИНГРАД
1990

Государственный комитет РСФСР по делам науки и высшей школы
Ленинградский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горный институт
имени Г. В. Плеханова

Г. А. ЛЮБИЧ, Н. Н. МИШИН, А. Л. ПАНФИЛОВ

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ
ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ
ИХ ОТРАБОТКЕ

Учебное пособие

ЛЕНИНГРАД
1990

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ИХ ОТРАБОТКЕ: Учеб. пособие /

Г.А.Любич, Н.И.Мишин, А.Д.Панфилов; Ленинградский горный ин-т. Л., 1990. 64 с.
ISBN 5-230-19461-8

Рассмотрены особенности проявления разрывных деформаций на интенсивно нарушенных месторождениях угля. Приведены закономерности размещения нарушений в структуре шахтного поля, выявлена зависимость объема потерь угля от степени тектонической нарушенности, разработана методика оценки, прогноза и учета степени влияния нарушенности на полноту выемки и даны рекомендации по уточнению расчета запасов угля на нарушенных пластах угля.

Учебное пособие предназначено для слушателей геологической и маркшейдерской специальностей межатраслевого факультета повышения квалификации при Ленинградском горном институте и может быть использовано студентами геологических и горно-технологических специальностей.

Табл. 7. Ил. 24. Библиогр.: 15 назв.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Ленинградского горного института

Научный редактор канд. геол.-мин. наук В.Е.Григорьев

Рецензенты: кафедра рудных месторождений полезных ископаемых Донецкого политехнического ин-та, канд. геол.-мин. наук Ю.Н.Дупак (ВНИИИ)

ISBN 5-230-19461-8



Ленинградский горный институт им. Г.В.Плеханова,
1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое внедрение средств комплексной механизации добычи угля в настоящее время невозможно без совершенствования качества и полноты прогноза тектонической нарушенности угольных пластов. В связи с этим возникла необходимость более углубленного анализа и изучения качественных и количественных показателей тектонической нарушенности, повышения полноты и достоверности геолого-разведочных работ, разработки принципиально новых геологических методов, привлечения методов, основанных на точных аппаратных измерениях. Среди перечисленных задач особое место занимает разработка методов изучения и прогноза малоамплитудной нарушенности угольных пластов на разных стадиях освоения месторождений. Особенно остро стоит этот вопрос на сильно нарушенных месторождениях, так как от полноты его решения зависит эффективность ведения горных работ и более полное извлечение полезного ископаемого. Все эти разработки обоснованы анализом структурно-геологических условий выемочных полей, прогнозом и своевременным выявлением разрывных нарушений угольного пласта, отрицательно влияющих на ведение горных работ. Разработка методик по учету влияния разрывных нарушений на полноту выемки угля, выдача конкретных рекомендаций по рациональному извлечению угля из недр базируется на четких представлениях о геологическом строении района, о распределении разрывных нарушений на площади угольного пласта, о влиянии отдельных дизъюнктивов и зон нарушений на устойчивость вмещающих пород и выявлении параметров этих зон. Все это, в конечном счете, должно получить конкретное геологическое обоснование, т.е. стать «квалификацией»

по нарушенности для проектирования отработки пластов угля. Все эти закономерности, в той или иной мере влияющие на полноту выемки угля и прогноз запасов, не целесообразных для разработки по технико-экономическим причинам, рассмотрены на примере нарушенных шахт производственных объединений «Средазуголь», «Прокпьевскуголь», «Киселевскуголь» и «Ленинскуголь».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗОНАХ

1.1. ПОНЯТИЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ

Изучение складчатых и разрывных структур, зон трещиноватости показало, что наблюдается общая закономерность в приуроченности отдельных типов разрывных нарушений к определенным структурам месторождений. Выяснение условий возникновения деформаций и создание модели распределения разрывов является главной задачей геологической службы. Основываясь на многолетних исследованиях, можно определить нарушенность как закономерно построенную совокупность нарушений в заданном объеме массива горных пород.

Исследованиями на тектонически нарушенных угольных месторождениях установлено, что имеющиеся крупные и средние дизъюнктивы часто представлены не одним сместителем, а серией близких кулисообразно расположенных и, как правило, меньших по амплитуде разрывных нарушений. К малоамплитудным разрывным нарушениям (МРН) принято относить дизъюнктивы с амплитудами менее 10 м, которые обычно не выявляются скважинами разведочного бурения. МРН распределены по площади неравномерно и встречаются в виде своеобразных скоплений, иногда локализованных в зонах влияния крупных нарушений, иногда не имеющих четко выраженной пространственной связи с крупными дизъюнктивами.

Применительно к подобным скоплениям МРН, расположенных изолированно или приуроченных к участкам более крупных дизъюнктивов, целесообразно использовать термин тектоническая зона (ТЗ).

Ранее установлено [15], что для каждого разрывного нарушения характерно наличие зоны влияния, в пределах которой отмечено развитие аномальной (содизъюнктивной) трещиноватости, понижение прочности угля [8], изменение устойчивости пород кровли и т.д. Поскольку трещиноватость как содизъюнктивный фактор распространена на большее расстояние от сместителя, чем прочие изменения пород, при выделении ТЗ целесообразно учитывать область распространения аномальной трещиноватости в обоих крыльях дизъюнктива.

В простейшем случае (при наличии единичного нарушения) под ТЗ следует понимать область, включающую сместитель и подзоны

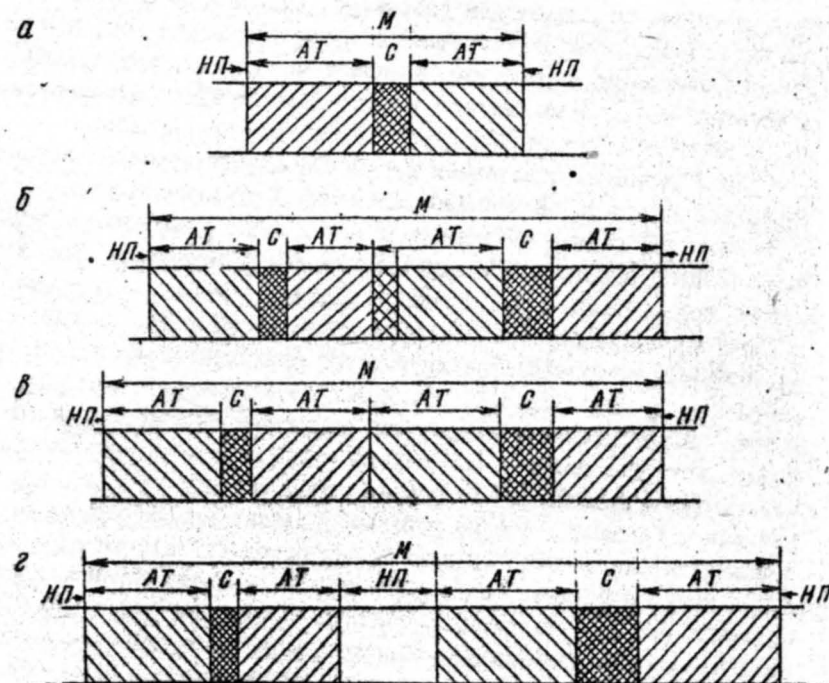


Рис.1. Схематическое строение тектонических зон:
С - подзона сместителя; АТ - подзона аномальной трещиноватости; НП - неизмененные породы; М - мощность тектонической зоны

аномальной трещиноватости. Поскольку во многих случаях разрывные нарушения представлены не одной плоскостью, а серией сближенных поверхностей скольжения или зоной раздробленных перетертых пород, в пределах ТЗ следует выделять подзону сместителя. В этом случае ТЗ будет состоять из подзоны сместителя (С) и двух подзон аномальной трещиноватости (АТ), заключенных в неизменных породах (НП) или угле (рис. I, а).

Сложные тектонические зоны состоят из нескольких разрывных нарушений и соответствующих им подзон. По взаимоположению подзон можно выделить несколько видов (типов) сложных зон. Для участков развития крупных разрывных нарушений, оперенных мелкими и средними по амплитудам разрывами, выделяются зоны, состоящие из подзоны главного сместителя и нескольких подзон, принадлежащих оперяющим нарушениям. Главный сместитель, как правило, отличается большей амплитудой и размерами, а оперяющие нарушения примыкают к главному по простиранию или на глубине.

Зоны развития сближенных нарушений одного порядка состоят из подзон сместителей и подзон аномальной трещиноватости.

Величина подзон неизменных пород (угля) колеблется в зависимости от расстояний между соседними нарушениями в зоне и от ширины подзон аномальной трещиноватости у соседних нарушений. Подзоны АТ могут перекрывать друг друга (рис. I, б), иногда зоны трещиноватости касаются друг друга при отсутствии подзон неизменных пород (рис. I, в). Если разрывные нарушения расположены на расстоянии большем, чем суммарная ширина их подзон трещиноватости, подзоны сместителя и аномальной трещиноватости чередуются с подзонами неизменных пород (рис. I, г). При выделении таких (сложных) зон на угольных пластах встает вопрос о предельной ширине подзоны неизменных пород (угля), которая входит в зону, а не делит одну зону на две меньших. Предельно допустимой (по ширине) следует считать полосу ненарушенного угля, находящуюся между двумя разрывными нарушениями, которую невозможно обработать существующими технологическими приемами или нецелесообразно обрабатывать по технико-экономическим причинам. Естественно, что на каждом месторождении или даже шахтном поле ширина подзоны неизменных пород различна, что наряду с харак-

терными для этих условий соотношениями ширины зоны аномальной трещиноватости и амплитуды нарушения определит общую ширину сложных тектонических зон.

1.2. ТИПЫ И ПАРАМЕТРЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗОН

Тектоническая зона представляется единым телом в массиве горных пород и является самостоятельной структурной единицей, для характеристики которой могут быть использованы следующие ее параметры: протяженность по простиранию и падению, мощность (ширина) зоны, амплитуда смещения.

Для оценки амплитуды (величины) смещения используют понятия суммарной амплитуды, представляющей собой сумму абсолютных величин амплитуд всех имеющихся нарушений в зоне, или амплитуды общего смещения, которая является алгебраической суммой амплитуд всех нарушений.

Амплитуда общего смещения определяется по разности абсолютных отметок перемещенных частей слоя горных пород (или угольного пласта). Ее величина не зависит ни от количества нарушений в зоне, ни от амплитуды каждого отдельного разрыва, а также от преобладающего направления смещения большинства имеющихся в зоне разрывов.

Суммарная амплитуда учитывает величину смещения по каждому из имеющихся в зоне разрывов и представляет собой сумму абсолютных значений всех нарушений в зоне.

Несмотря на то, что определение общего смещения широко используется в геологии как способ оценки амплитуды дизъюнктива, для характеристики величины перемещения в тектонической зоне он не всегда пригоден.

Величиной общего смещения характеризуют амплитуды нарушений при построении профилей и разрезов по данным разведочного бурения, которые фиксируют глубину залегания слоев пород (или угольного пласта) в соседних скважинах. Отсутствие информации о строении участка поля между разведочными скважинами делает этот способ увязки слоев единственно возможным для дан-

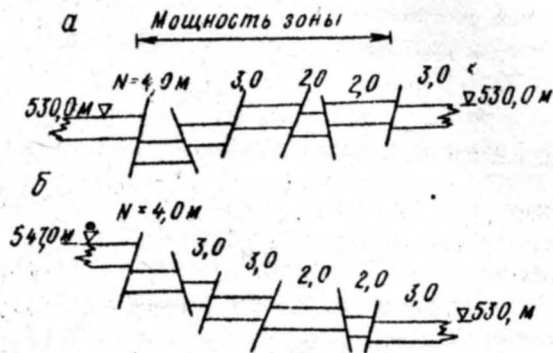


Рис.2. Примеры строения тектонических зон: а - амплитуда общего смещения 0, суммарная амплитуда 17,0 м; б - амплитуда общего смещения и суммарная амплитуда по 17,0 м
N - амплитуда дизъюнктива, м

амплитуды общего смещения в результате компенсации перемещения слоев соседними разрывами получим кажущееся отсутствие смещения: пласт за пределами зоны имеет одинаковую абсолютную отметку (+530,0 м); в другом (рис.2, б), характеризую величину смещения суммарной амплитудой, получим, что в результате всех перемещений одно крыло сместилось относительно другого на 17,0 м.

За мощность (ширину) тектонической зоны принимают ширину полосы вдоль крупного дизъюнктива, в пределах которой сконцентрированы МРН, оперяющие крупный дизъюнктив или сопутствующие ему. В случае отсутствия единого крупного нарушения в зоне ширина полосы определяется как область развития близких субпараллельных или кулисообразных МРН.

Для характеристики ТЗ рассматривают несколько возможных вариантов определения ее ширины. За ширину может быть принято расстояние M между линиями скрещения (на плане горных работ) крайних нарушений, составляющих зону, или расстояние между крайними нарушениями, но с учетом наличия у нарушений зоны АТ (зоны влияния). Последний вариант более предпочтителен для практических целей. Примеры строения тектонических зон, встречающихся на шахтах «Кок-Янгак» и «Коксовая» приведены на рис.3.

ного этапа освоения месторождения, но в то же время является причиной значительных ошибок в интерпретации данных бурения.

Рассмотрим два примера строения тектонических зон (рис.2), состоящих из одинаковых по величине нарушений. В первом случае (рис.2, а) при использовании

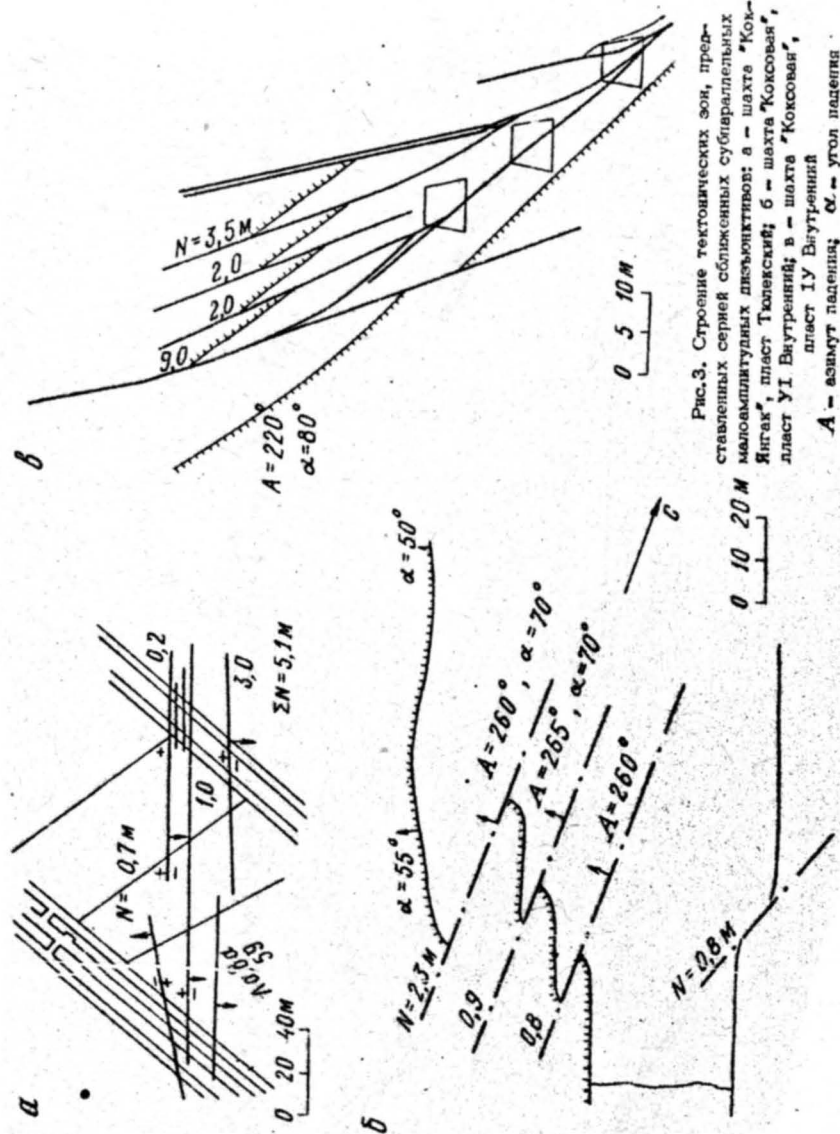


Рис.3. Строение тектонических зон, представленных сериями близких субпараллельных маломасштабных дизъюнктивов: а - шахта «Кок-Янгак», пласт Токеский; б - шахта «Коксовая», пласт У1 Внутренний; в - шахта «Коксовая», пласт 1У Внутренний
A - азимут падения; α - угол падения

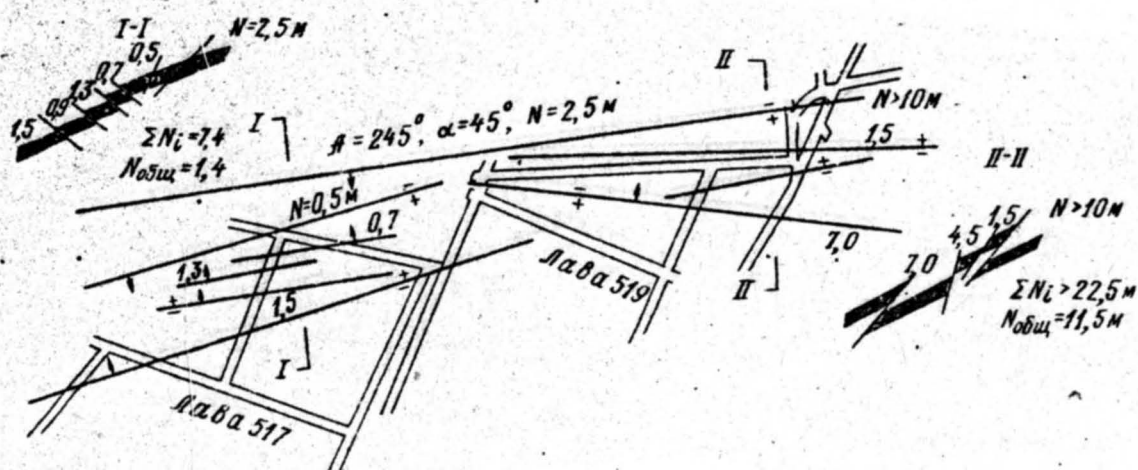


Рис. 4. Малоамплитудная нарушения в зоне крупного разрыва. Шахта "Кок-Янгак", пласт Тюлекский

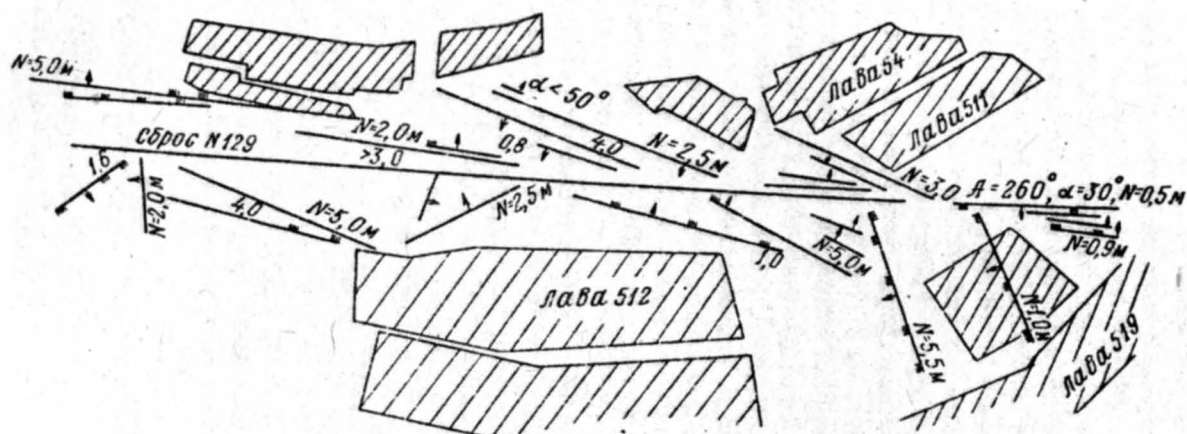


Рис. 5. Фактическое строение тектонической зоны в районе разведочных линий 43-46, интерпретированной разведкой как одно крупное нарушение. Шахта "Кок-Янгак", пласт Тюлекский

Сближенные МРН, вскрытые подготовительными выработками и лавами, располагаясь субпараллельно, образуют зоны шириной 30–40 м. В зависимости от амплитуды нарушений такие зоны могут пересекаться горными работами или являться причиной остановки очистных работ и потерь угля в недрах. Но даже в случае, когда зона сложена небольшими нарушениями, их отрицательное влияние на горные работы ощущается сильнее, чем при встрече одиночного разрыва, так как при переходе зоны очистной забой дольше находится в резко осложненных горно-геологических условиях.

Пример развития зоны у среднеамплитудного нарушения приведен на рис.4. Суммарная амплитуда в зоне изменяется от 7 до 22 м, а амплитуда общего смещения от 1,4 до 12 м (см. разрезы по I–I, II–II). Незначительное общее смещение может явиться причиной пропуска довольно мощной зоны при увязке геологических разрезов по разведочным линиям. Широкое развитие МРН в зоне явилось причиной того, что вдоль крупного дизъюнктива с амплитудой около 10 м оставлена неотработанная полоса шириной в среднем более 60 м.

Рис.5 иллюстрирует сложное строение ТЗ разрывного нарушения, протягивающегося почти через все шахтное поле. Разведочными работами это нарушение интерпретировано как сброс (№ 129). В результате детализации тектонического строения в районе сброса установлено, что фактически нарушение представлено серией сравнительно мелких кулисообразных разрывов разного типа. В зоне, прилегающей к этому разрыву, развиты меньшие по амплитуде и протяженности нарушения. Ширина зоны в каждом крыле дизъюнктива изменяется от 50 до 100 м. Таким образом, в данном случае мы имеем дело с зоной дробления шириной 100–200 м, параметры которой и определяют возможность отработки запасов угля в зоне и величину потерь из-за тектонической нарушенности в ней.

1.3. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗОН

Для геометрического сопоставления тектонических зон, связанных с разрывными нарушениями различной величины, целесооб-

разно использовать безразмерный коэффициент, представляющий собой отношение мощности (ширины) зоны M к амплитуде дизъюнктива N или при наличии нескольких нарушений в зоне – к суммарной их амплитуде.

Зависимость ширины тектонических зон от амплитуды слагающих ее нарушений целесообразно рассчитывать с учетом их строения. Так, для малоамплитудных нарушений, развитых в крыльях крупных дизъюнктивов, целесообразно ширину зоны связать с амплитудой главного нарушения и рассматривать такую зону по аналогии с зоной трещиноватости, развитой в боках мелких нарушений.

Анализ наиболее крупных дизъюнктивов, встреченных в пределах поля шахты «Кок-Янгак», показал, что ширина зоны M_1 развития малоамплитудной нарушенности, оперяющей крупный разрыв, в общем случае в одном крыле составляет около семи нормальных амплитуд этого разрыва. Более точное математическое выражение связи величин M_1 и N , полученное на основе расчетов на ЭВМ, дает уравнение $M_1 = 35,56 + 15,73N$ (рис.6).

Для характеристики тектонических зон, сложенных мелкими нарушениями без четкой пространственной связи с крупными дизъюнктивами, целесообразно соотносить их ширину M_2 с суммарной

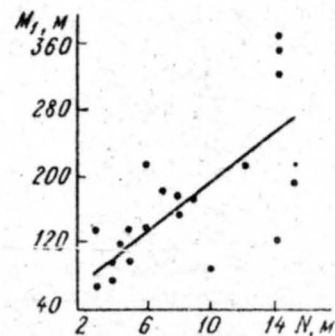


Рис.6. Зависимость ширины зоны развития малоамплитудной нарушенности M_1 вблизи крупного разрыва от его амплитуды N

амплитудой $\sum |N_i|$ всех имеющихся в зоне нарушений. Исследование зон, представленных несколькими сближенными малоамплитудными нарушениями, на шахте «Кок-Янгак» показало наличие устойчивой связи между параметрами M_2 и $\sum |N_i|$ (рис.7). В целом по шахте «Кок-Янгак» ширина тектонических зон составляет $(5 \div 6) \sum |N_i|$. Более точно связь показателей M_2 и $\sum |N_i|$ описывается уравнением вида $M_2 = 8 \sum |N_i|^{0,8}$. Для шахты «Коксово́й» зависимость между теми же

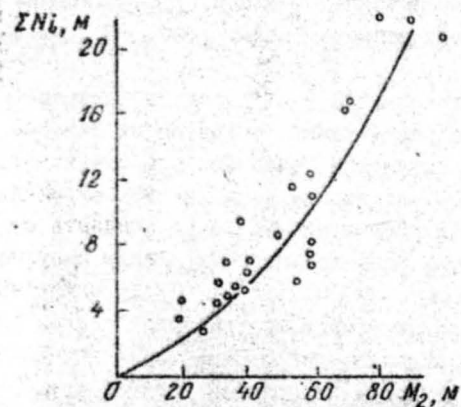


Рис. 7. Зависимость ширины тектонической зоны M_2 от суммарной амплитуды имеющихся нарушений ΣN_i

крайними сместителями в зоне и $10N$ от каждого из крайних нарушений.

В таком случае для некоторых шахт уравнение зависимости ширины ТЗ M_3 от амплитуды нарушений примет вид (рис. 8, а):

Шахта	$M_3, м$
Кок-Янгак	$32,5 + 8,0 \Sigma N_i$
Шураб	$39,0 + 8,0 \Sigma N_i$
Коксорая	$3,0 + 10,5 \Sigma N_i$
Карагайлинская	$4,0 + 9,5 \Sigma N_i$

Первые изменения трещиноватости в зоне влияния разрыва (которые и определяют границу этой зоны), проявляющиеся на удалении $10N$, выражаются в появлении и устойчивом сохранении в угле одной системы трещин, отсутствующей ранее. Более значительные изменения, которые могут заметно повлиять на ведение горных работ в зоне нарушений (значительное уменьшение крепости угля), происходят в средней части зоны на удалении $5N$ от сместителя.

параметрами выражается уравнением $M_2 = 4 \Sigma [N_i]$. В рассмотренных случаях за ширину ТЗ принято расстояние между крайними нарушениями, составляющими зону.

Более правильным представляется при определении ширины тектонической зоны учитывать наличие повышенной трещиноватости, развитой у нарушений. Считая, что ширина зоны трещиноватости составляет 10 нормальных амплитуд, ширину тектонической зоны M_3 вычислим как сумму расстояния между

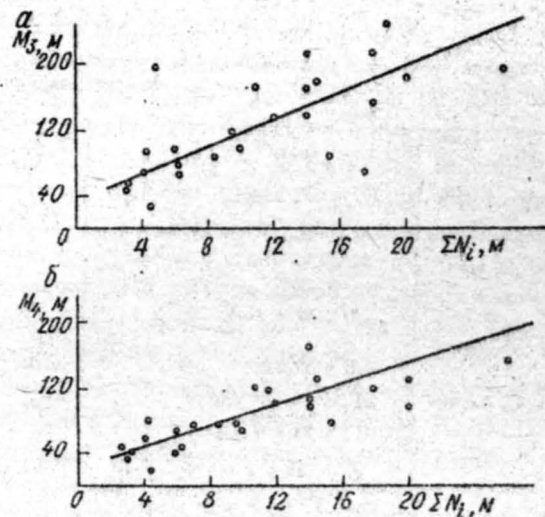


Рис. 8. Зависимость ширины зон M_3 (а) и M_4 (б) от суммарной амплитуды нарушений ΣN_i на шахте "Кок-Янгак"

Для характеристики ширины этой зоны M_4 в зависимости от суммарной амплитуды имеющихся нарушений для условий шахты "Кок-Янгак" справедливо уравнение $M_4 = 21,45 + 6,47 \Sigma N_i$ (рис. 8, б).

Имеющиеся в литературе данные подтверждают наличие сходной зависимости в условиях месторождений Донбасса [14] и Караганды [13] (табл. I).

Сопоставление полученных результатов показывает, что они довольно близки по величине. Даже в таких существенно различных условиях формирования месторождений как продольное сжатие (Прокопьевско-Киселевское месторождение) и поперечный изгиб (шахта "Кок-Янгак"), обусловивших весьма значительную разницу в структурных особенностях площадей, выведенные зависимости сходны [9, 10].

Отсюда следует, что приведенные уравнения, во-первых, отражают реально существующую связь между сравниваемыми показателями

Уравнения связи и рассчитанные по ним значения
ширины тектонических зон при заданной амплитуде нарушений

Таблица 1

Месторождение	Уравнение связи	Ширина зоны при N (м), м		
		3	5	10
Средняя Азия, шахта «Кок-Янгак»	$M = 30 + 16N$	84	116	196
Кузбасс, шахта «Коксо-вля»	$M = 17,5N$	52	88	175
Караганда, шахта «Актас-ская»	$A_{\text{л}} = 10,7 + 7,57N$	87	115	161
	$A_{\text{в}} = 24,8 + 11,7N$			
Донбасс	$L = 147,6 + 5,5N$	62	175	202
	где $N \geq 3$ м			
	$L = 5,2 + 24,06N$	77	-	-
	где $N < 3,0$ м			

Примечание. $A_{\text{л}}$ и $A_{\text{в}}$ - ширина зоны соответственно в лежачем и висячем крыльях; L - протяженность разрывного нарушения на плане горных работ.

и, во-вторых, что такая связь, вероятно, является общей закономерностью структурной геологии.

Полученный вывод позволяет прогнозировать параметры тектонических зон при отработке нарушенных участков угольных пластов.

2. ДОСТОВЕРНОСТЬ ВЫЯВЛЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗОН НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

2.1. ВЫЯВЛЕНИЕ НАРУШЕННОСТИ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ИХ ВСКРЫТИЯ

Для выделения нарушенных участков пласта в пределах выемочного участка целесообразно рассмотреть и характер распределения нарушений по амплитуде. Анализ показывает, что распре-

деление нарушений по этому показателю в значительной мере зависит от степени разведанности участков. Так, разрывы с амплитудой менее 2 м на участках, оконтуренных выработками со всех сторон, составляют около 50 и 80 % от общей массы изученных (для шахт «Карагайлинской» и «Кок-Янгак» соответственно), а на участках, разведанных бурением, такие нарушения практически не выявляются. На участках, оконтуренных выработками на 50 и 30 %, подобные нарушения составляют 35 и 20 % на шахте «Карагайлинская» и 52 и 32 % на шахте «Кок-Янгак». Для оценки полноты выявления имеющихся на участке нарушений на различных стадиях его вскрытия проанализированы нарушенные, полностью отработанные лавы на шахтах Ленинского и Беловского месторождений Кузбасса и на шахте «Кок-Янгак» ПО «Средазугль».

Необходимую информацию для оценки вероятности встречи дизъюнктивов можно получить по результатам геологической документации подготовительных горных выработок. С этой целью проведен анализ характера распределения дизъюнктивов по 830 отработанным лавам на шести шахтах Кузбасса (им.Кирова, им.Ярославского, «Кольчугинской», «Полысаевской», «Октябрьской», «Чертинской») Ленинского и Беловского месторождений.

За критерий при оценке надежности выявления МРН взята частота подсечений (встречи) разрывов в зависимости от их амплитуды: двумя подготовительными выработками, одной выработкой или только при ведении очистных работ (лавой). Для этого с основных планов горных выработок по отработанным лавам выбраны 320 случаев вскрытия дизъюнктивов с амплитудой смещения менее 3 м. Статистическая обработка этих данных показала, что между амплитудой дизъюнктива N и вероятностью вскрытия его в подготовительных выработках существует определенная зависимость (рис.9). Из графика видно, что уже при амплитуде $N > 1,5$ м большинство нарушений вскрываются двумя подготовительными выработками.

Статистический анализ для случаев, когда нарушения подсечены только одной выработкой или встречены только в лаве, дал следующие результаты: соответственно 25 и 10 %.

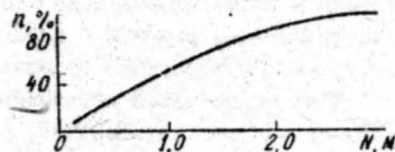


Рис.9. Зависимость вероятности подсекания нарушений двумя подготовительными выработками от амплитуды разрыва N

Аналогичные исследования были проведены на шахте «Кок-Янгак» по 30 нарушениям, отрабатанным лавами общей площадью около 110 га. Установлено, что на стадии доразведки и при отсутствии подготовительных горных выработок на участке достоверная информация имеется лишь о 15–20 % развитых на нем дизъюнктивов (рис.10). Одна подготовительная выработка позволяет оценить 20–40 % имеющихся на поле шахты нарушений, две подготовительные выработки вскрывают 25–55 % нарушений. Тремя подготовительными выработками вскрывается 60–80 % всех нарушений. Четыре выработки, оконтуривающие подготавливаемый участок со всех сторон, вскрывают около 90 % имеющихся на нем нарушений.

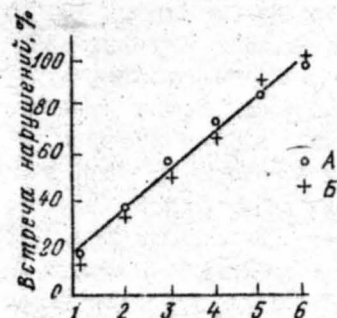


Рис.10. Частота встречи нарушений при разном уровне разведанности участка пластов Тюлекского (А) и Мошного (Б) на шахте «Кок-Янгак»

1 – данные доразведки; 2, 3, 4 и 5 – при проведении одной, двух, трех и четырех выработок; 6 – при проведении лавы

Вероятность подсекания нарушений различными по назначению горными выработками зависит не только от протяженности последних, но в значительно большей степени от взаимоположения нарушений и элементов залегания пласта, определяющих ориентировку подготовительных выработок. В частном случае возможно такое расположение нарушений на участке, при котором одной разрезной печью, пройденной вкрест простирания пласта, будет встречено разрывов больше, чем вентиляционным и конвейерным штреками, во много раз большими по протяженности, но ориентированными параллельно разрывам. На шах-

те «Кок-Янгак» нарушения, встреченные различного рода выработками, распределяются следующим образом, %:

Одной печью	18
Двумя печами	24
Штреками	38
Штреком и печью	58
Штреком и двумя печами	62
Двумя штреками	65
Двумя штреками и печью	82
Двумя штреками и двумя печами	88
Лавой	100

Приведенные данные показывают, что для получения достоверной информации о нарушении выемочного поля необходимо использовать возможно большее количество подготовительных выработок. В то же время, задав точность прогноза, можно оценить минимальный объем необходимых для этого горных выработок и определить их вид. Например, расчет показывает, что два штрека и одна разрезная печь позволят зарегистрировать более 80 % всех нарушений, вскрываемых четырьмя выработками (т.е. при условии полного оконтуривания участка выработками), а одним штреком и двумя печами вскрывается около 70 % нарушений, регистрируемых подготовительными выработками.

Наличие выдержанного соотношения в количестве обнаруженных и необнаруженных нарушений на различных стадиях вскрытия выемочных участков позволяет подойти к предрасчету уровня нарушения на заданной стадии эксплуатации месторождения по меньшему объему исходных данных.

2.2. ДОСТОВЕРНОСТЬ ОЦЕНКИ НАРУШЕННОСТИ НА СТАДИИ РАЗВЕДКИ

Выявляемость нарушений на этом этапе освоения месторождений рассмотрим на примере шахты «Кок-Янгак». Для конкретных рекомендаций по оценке точности информации о нарушении,

Таблица 2

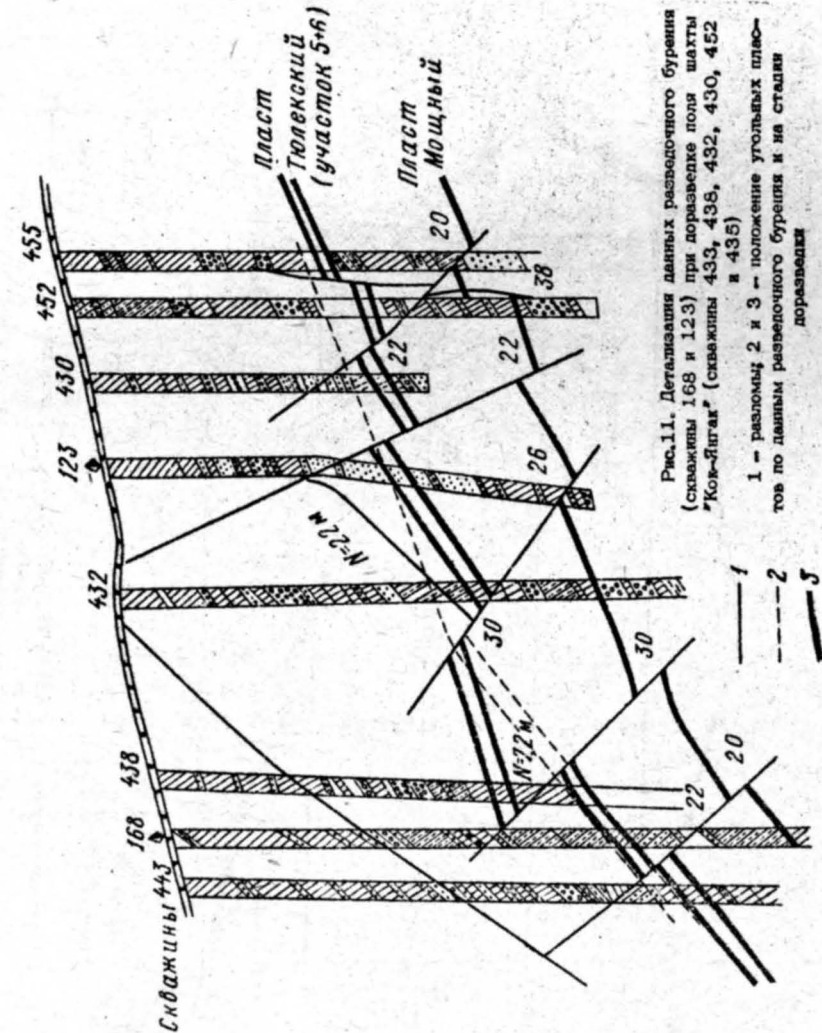
Статистика разрывных нарушений, вскрытых бурением
по разведочным линиям

Детальная разведка		Доразведка		Эксплуатация		Общее число нарушений по линии
Номер линии	Нарушения	Номер линии	Нарушения	Номер линии	Нарушения	
I	3/12	39	4/15	39	22/85	29
II	-	40	-	40	6/100	6
III	-	41	10/50	41	10/50	20
IV	-	42	2/12	42	14/88	16
V	1/3	43	8/20	43	24/80	30
VI	1/3	44	4/15	44	22/85	27
VII	1/5	45	2/10	45	18/90	21
VIII	1/5	46	8/31	46	13/69	20
IX	1/4	47	6/25	47	18/75	25
X	-	48	4/45	48	5/55	9
XI	-	49	7/34	49	14/66	21
XII	-	50	5/50	50	10/67	15
XIII	-	51	4/57	51	7/62	11
XIV	-	52	2/21	52	9/82	11
Итого	2/3		60/23		192/74	260

Примечание. В числителе и знаменателе - соответственно число нарушений и доли от общего числа нарушений на линии в процентах.

получаемой на разных стадиях освоения месторождения, проведен анализ данных разведочного бурения на стадиях детальной разведки и доразведки месторождения и в период эксплуатации (табл.2).

Данные табл.2 показывают, что детальной разведкой выявляется лишь 3-5 % от общего количества разрывов, реально существующих в массиве пород. На стадии доразведки вскрывается



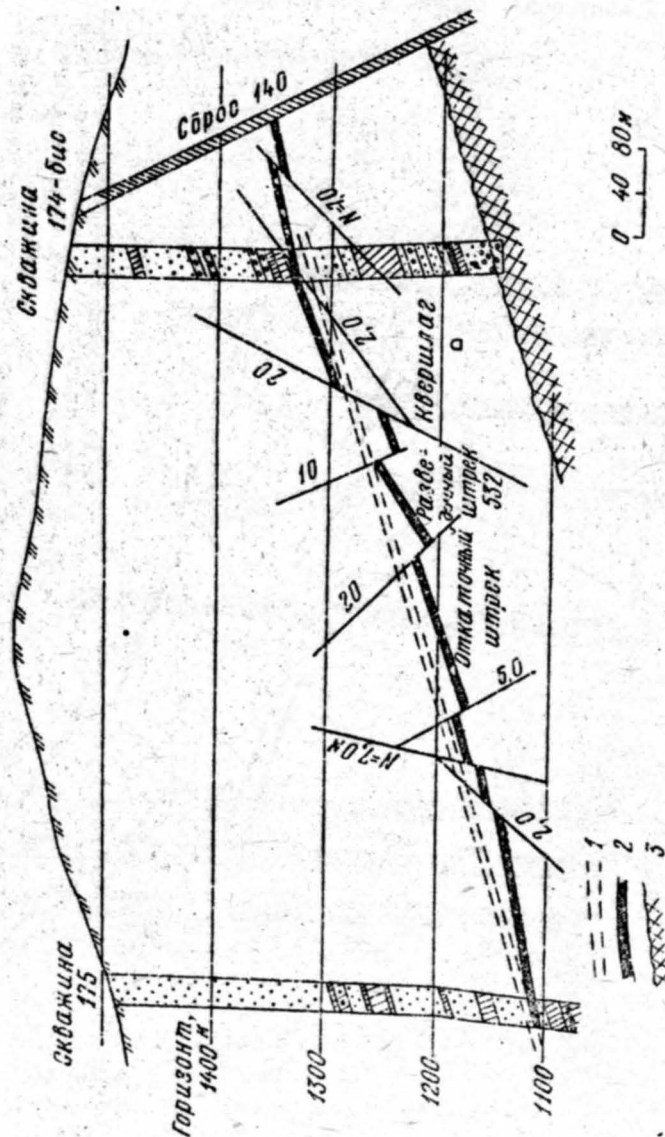


Рис. 12. Детализация участка 5 + о пласта Телецкого по данным разведки и эксплуатации на шахте "Кок-Агач".
1 и 2 — по данным разведки и эксплуатации соответственно; 3 — пороги фундамента

уже 20–30 % нарушений. Однако в зависимости от амплитуды число вскрываемых разрывов колеблется в широких пределах. На участках с преобладанием мелких разрывов их выявляемость составляет 10–15 %, на участках развития преимущественно крупных нарушений вскрывается до 50 % их общего количества.

Рассмотрим интерпретацию тектонического строения участка по данным детальной разведки и доразведки шахтного поля (рис. 11). Первичная увязка геологического разреза проведена по двум скважинам разведочного бурения (168 и 123), установившего наличие перегиба слоев горных пород. Бурением еще шести скважин на стадии доразведки установлено наличие девяти разрывных нарушений с амплитудой смещения крыльев до 40 м.

Разрез по скважинам 175 и 174-бис разведочной линии 49 показывает положение пласта Телецкого по данным разведки и эксплуатации (рис. 12). Здесь серия мало- и среднеамплитудных нарушений, секущих пласт, скважинами не подсекается и по разведочным данным на разрезе не интерпретируется: пласт рисуется спокойно залегающим, не нарушенным. Горными работами установлено наличие восьми оближенных разрывных нарушений, образующих тектоническую зону с суммарной амплитудой смещения более 70 м.

В среднем по шахте разведочными буровыми работами вскрывается около 3 % имеющих на площади нарушений. Доразведка выявляет менее 25 % имеющих разрывов. Следовательно, на начало ведения очистных работ геолог располагает информацией лишь о четверти фактически имеющих на подготовленной к отработке площади нарушений; 74 % всех нарушений встречается неожиданно.

2.3. ОТРАБОТКА УЧАСТКОВ, ПРИУРОЧЕННЫХ К ТЕКТОНИЧЕСКИМ ЗОНАМ

Ведение горных работ в пределах ТЗ резко осложнено, о чем свидетельствует высокий уровень потерь угля в недрах и низкие технико-экономические показатели работы очистных забоев во время перехода зон разрывных нарушений.

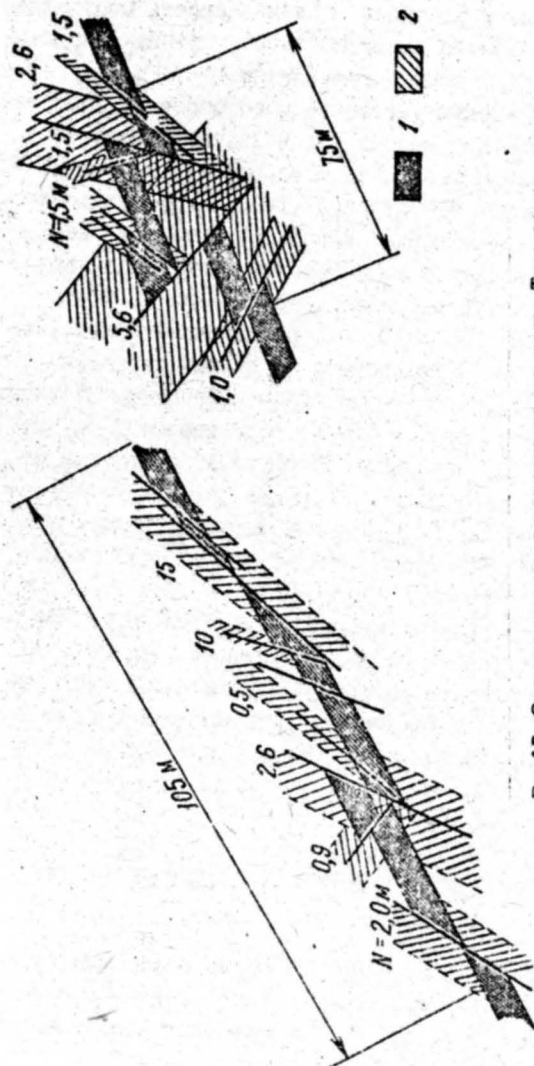


Рис.13. Строение сложных тектонических зон пласта Тюльковского
1 - пласт; 2 - зоны влияния

Коэффициент извлечения запасов на этих участках на нарушенных шахтах часто не превышает 0,3, причем большая часть потерь (41,2 %) приходится на участки, списываемые как нецелесообразные к отработке в зонах влияния разрывных нарушений.

Переход механизированными комплексами разрывных нарушений, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, как правило, не вызывает серьезных осложнений. В практике ведения очистных работ известны случаи перехода в лавах (даже оснащенных современными средствами механизации, особо чувствительными к осложнению горно-геологических условий) разрывных нарушений с амплитудой 5-6 м. Относительное удорожание горных работ в таких случаях не превышает предельных затрат, определяющих целесообразность отработки лав.

Значительные осложнения в проведении горных работ создаются на участках, где в сложных тектонических зонах интервалы неизмененных пород отсутствуют, а нарушения расположены на таком расстоянии друг от друга, что подзоны аномальной трещиноватости соседних разрывов касаются или перекрывают друг друга (см. рис.1). Контуры и величина этих подзон определяется геологической службой шахты.

При наличии серии сближенных нарушений, в которой подзоны аномальной трещиноватости касаются или перекрывают друг друга, образуется непрерывная зона ослабленных пород. Как правило, такие участки не отрабатываются и представляются геологической службой шахты к списанию. Пример строения таких зон приведен на рис.13. Серии сближенных разрывных нарушений с амплитудами от 0,5 до 5,0 м образуют зоны, в которых подзоны аномальной трещиноватости разобщены, касаются или накладываются друг на друга, образуя непрерывную зону ослабленных пород, общая ширина которой составляет не несколько метров, как у отдельно расположенных разрывов, а десятки и сотни метров.

2.4. ИЗМЕНЕНИЕ КРЕПОСТИ УГЛЯ В ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗОНАХ

В ТЗ отмечаются значительные изменения свойств угля и вмещающих пород, которые можно свести к следующему:

1) прочность угля в зоне влияния нарушения в 2-3 раза меньше прочности на участках вне зоны;

2) деформирование угля наиболее интенсивно происходит у дизъюнктивов. Деформации сжатия и их скорости у нарушений в 2-6 раз больше, чем вне зоны разрыва;

3) в зоне влияния тектонических нарушений уголь деформируется пластически, со значительными остаточными деформациями. Отношение упругих деформаций к общим примерно 40 % при нагрузке, равной 75 % от разрушающей [4, 15].

Наиболее доступным способом количественной оценки степени влияния разрывных нарушений на физико-механические свойства пород является определение их крепости с помощью прессов БП-25 и БУ-39. Экспресс-метод определения коэффициента крепости пород и угля по Протодяконову f в горных выработках позволяет оценить величину этого показателя в области спокойного ненарушенного залегания и выявить характер его изменения по мере приближения к разрывному нарушению. Снижение крепости угля,

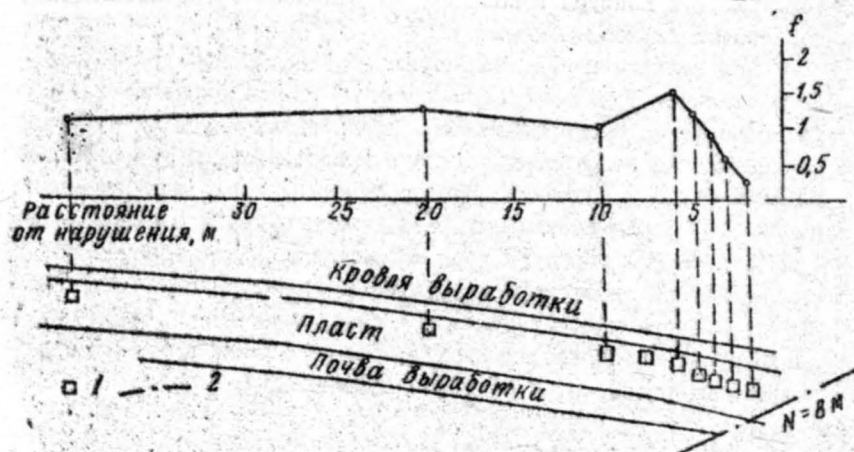


Рис. 1.4. Изменение крепости угля f в зоне разрывного нарушения (пласт Тилекский)

1 — место отбора проб; 2 — разрывное нарушение

начинающееся на разном расстоянии от нарушения, резко усиливается в непосредственной близости от сместителя. В качестве типичного примера изменения крепости угля у разрывного нарушения можно привести график (рис. 1.4), построенный на основании экспресс-определения коэффициента на участке пласта Тилекского у нарушения с амплитудой 8 м.

Уменьшение крепости угля в зоне влияния нарушений — общая закономерность для нарушений любых порядков. Независимо от амплитуды разрыва в области его влияния крепость угля уменьшается в несколько раз.

Наряду с изменением прочностных и деформационных свойств в зоне влияния дизъюнктивов наблюдается аномальная форма проявления процесса сдвижения [2]. Отмечено, что при встрече горных выработок с разрывными нарушениями происходит смещение массива горных пород, ограниченного выработанным пространством и поверхностью нарушения. При этом угол наклона вектора сдвижения совпадает с углом падения нарушения, т.е. перемещение массива происходит по поверхности сместителя. Максимальные деформации по отношению к сместителю развиваются со стороны ведения горных работ. Наряду со сдвижением и уменьшением прочностных характеристик угля наблюдается интенсивное развитие трещиноватости. Трещиноватость снижает несущую способность массива, уголь приобретает склонность к высыпанию.

Установленные соотношения дают возможность оценить связь между шириной зоны ослабленного угля у разрывного нарушения и его амплитудой не только на основе инструментальных определений крепости в горных выработках, но и на основе расчетов, если известна амплитуда нарушений.

Опыт эксплуатации месторождений свидетельствует, что участки горных выработок, характеризующиеся наименьшей устойчивостью кровли, пространственно совпадают с интервалами резко пониженных значений крепости угля. Образование куполов, вывалов, обрушений в кровле очистных и подготовительных выработок, как правило, приурочено к участкам, на которых значение крепости понижено в 2-3 раза по сравнению с фоновыми, характерными для области спокойного залегания пласта.

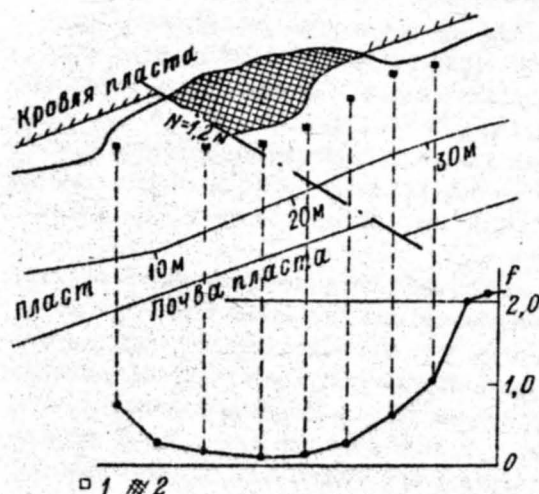


Рис.15. Куполение кровли пласта Тюлекского в зоне разрывного нарушения (вертикальный и горизонтальный масштабы соответственно 1:100 и 1:200)

1 - место отбора проб; 2 - вывал

залегающего пласта интервал опробования в среднем составлял 5-10 м, то в зоне куполения расстояние между соседними пробами уменьшалось до 1 м (рис.15). Установлено, что куполение угля и пород непосредственной кровли сопровождалось уменьшением крепости угля с 2,2 в области спокойного залегания пласта до 0,1 в зоне куполения, связанной с разрывным нарушением с амплитудой 1,2 м.

Куполение пород кровли, сопровождающее резкое уменьшение прочности угля, нередко связано с послойными подвижками (послойными разрывными смещениями) и зонами интенсивного развития трещиноватости в углях и породах кровли. Подобное явление неизменно сопровождается резким уменьшением прочностных характеристик угля.

Статистическая обработка всех проанализированных случаев куполения угля и пород непосредственной кровли выявила их четкую связь с тектоническими деформациями различного характера

Чтобы определить фактические значения крепости угля, при которых кровля выработка теряет устойчивость на участках куполения в подготовительных и очистных выработках, проведены детализационные работы, включающие структурно-геологическое описание пород, участвующих в куполообразовании, и испытания угля на крепость по достаточной густой сети опробования. Если в области спокойного залегания пласта

и пространственную их приуроченность к тектоническим зонам.

Сопоставление размеров участков куполения кровли в горных выработках и тектонических зон, к которым приурочено куполение, показывает, что ТЗ всегда значительно больше по протяженности. Участки пониженных значений крепости угля, пространственно совпадающие с зонами куполения пород, располагаются, как правило, в центральных частях ТЗ в непосредственной близости от разрывных нарушений.

Исследования крепости угля пластов Чистого, Мощного и Тюлекского на поле шахты «Кок-Янгак» показали, что в области их спокойного залегания $f \approx 1,5$. При $f = 0,12-1,2$ кровля горных выработок теряет устойчивость и породы кровли начинают обрушаться, образуя вывалы и купола. Большинство зарегистрированных на шахте случаев проявления неустойчивости кровли выработки произошло на участках, где крепость угля была в 3-5 раз ниже фоновой. Такой широкий диапазон колебаний критических значений прочности объясняется седиментационно-литологическими особенностями пластов угля и пород кровли, поэтому при определении критических значений крепости для конкретного участка следует учитывать черты, характерные именно для этого участка. Отметим, что относительное снижение крепости угля в зоне является более предпочтительным параметром для прогноза поведения кровли и условий отработки участка. Уменьшение коэффициента крепости угля в 2-3 раза по сравнению с фоновой следует относить к критическим условиям и по его значениям, отвечающим этим критическим условиям, следует определять возможность ведения горных работ в зоне.

Для каждого угольного пласта установлены предельные значения f' , при достижении которых начинается куполение кровли:

Пласт	f'
Тюлекский, Чистый	0,6
Мощный	0,7
5 + 6	0,8

Пункты наблюдений в горных выработках, где зарегистрированы предельные значения f , ограничивают зону, которую из-за низких значений прочности и слабой устойчивости непосредственной кровли следует называть критической. Анализ результатов испытаний образцов угля на прочность, показал, что в пределах критических зон обычно $f = 0,35$, причем более чем в 50 % проанализированных случаев $f \leq 0,2$.

Уменьшение прочности угля на выемочном участке вызывает необходимость изменения технологии, сопровождается дополнительными мероприятиями по обеспечению безопасности горных работ и увеличением себестоимости добычи. Поэтому запасы на таких участках в целом ряде случаев списываются по горно-техническим условиям.

Так, например, на шахте им. Дзержинского (пласт Угловой, VI крыло, север) двумя штреками были вскрыты два нарушения (рис. 16). В области, прилегающей к сместителям (внутри их

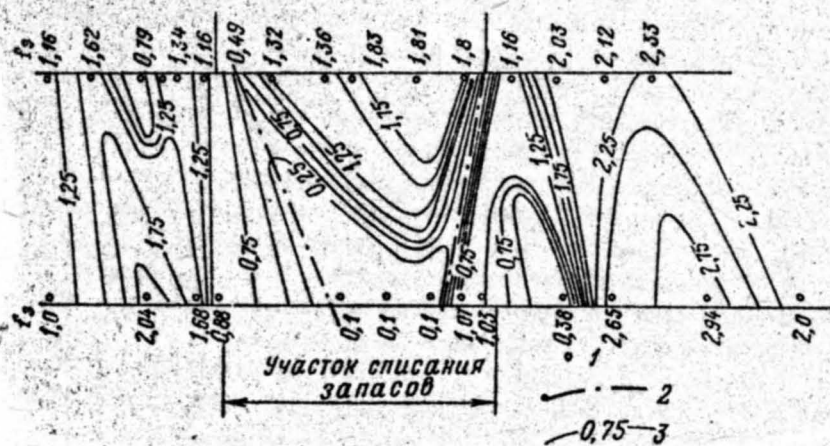


Рис. 16. Характер изменения крепости угля в зоне разрывов на участке пласта Угловой (шахта им. Дзержинского)

1 - место отбора проб для определения f_z ; 2 - разрывное нарушение; 3 - изолинии f_r , f_z и f_p - экспериментальные и расчетные значения крепости угля

контура), запасы угля списаны по горно-геологическим причинам. В контуре списания средневзвешенная крепость угля $\bar{f} = 0,76$, а вне контура $\bar{f} = 1,75$. Таким образом, обоснованность списания запасов в данном контуре объективно может быть подтверждена, исходя из непосредственного определения природного фактора - крепости угля.

3. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

3.1. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИНТЕНСИВНОСТИ НАРУШЕННОСТИ

Многие из закономерностей в тектоническом строении месторождений, в характере размещения нарушений по площади имеют качественное сходство даже в значительно различающихся структурных условиях. Так, крупных нарушений всегда меньше, чем малоамплитудных, причем они имеют зоны влияния, в которых развита мелкая нарушенность, зоны влияния которой представлены трещиноватостью. В то же время каждое месторождение, а иногда и отдельные участки его (крыло шахтного поля, шахтопласт) имеют характерное только для них количественное выражение качественных закономерностей.

Поэтому основой любых прогнозов, учитывающих влияние тектонической нарушенности, должны являться достоверно обоснованные количественные характеристики, связывающие отдельные горно-геологические факторы.

В качестве основного численного показателя^x интенсивности нарушенности предлагается коэффициент

$$K_1 = \Sigma 1/s, \quad (I)$$

^x Подобные показатели, используемые в других работах [1, 5, 7, 11], здесь не рассматриваются.

где $\sum l$ — суммарная длина нарушений в пределах анализируемого участка, м; S — площадь этого участка, га.

Как видно, показатель K_1 зависит от количества и протяженности разрывных нарушений и может быть вычислен непосредственно лишь на отработанных участках. Достоинства этого параметра в простоте и доступности измерения (на планах или вертикальных проекциях пласта). При определении показателя K_1 в расчет принимаются все разрывы с амплитудами более 0,1 м. При измерении длины дизъюнктивов следует учитывать искажения их линейных размеров при использовании горизонтальных и вертикальных проекций пластов. При небольших углах падения пласта (до 30°) линейными искажениями можно пренебречь. При более крутом залегании пласта линейные искажения определяются ориентировкой дизъюнктивов относительно простирания пласта. Так, продольные разрывы при любых углах падения проецируются на план в отношении один к одному, поперечные при угле падения сместителя, равном 35°, укорачиваются на 18 %, а при углах 40 и 45° — соответственно на 23 и 29 %. Аналогичные искажения наблюдаются при использовании вертикальных проекций для дизъюнктивов с углами падения 55, 50 и 45°.

Очевидно, что оценка отработанной площади шахтопластов с помощью среднего значения показателя K_1 , как всякая средняя оценка, не дает полного представления об особенностях распространения разрывов на этой площади, так как одни и те же численные значения K_1 могут быть получены для площади, на которой разрывы распределены равномерно, и для площади, на которой они сосредоточены на каком-либо участке. Поэтому необходимо учитывать степень изменчивости этого показателя, используя статистические функции распределения выемочных полей по степени их нарушенности или построение изолиний.

Интегральная функция распределения показывает долю участков эксплуатируемого угольного пласта со степенью нарушенности, не превышающей заданного предела. Для распределения функции вычисляют показатели нарушенности для выемочных полей в пределах изученной по горным выработкам части шахтного поля. Диапа-

зон изменения показателя нарушенности по выемочным полям разделяется на 5–6 равных интервалов (например, 0–50, 50–100 м/га и т.д.). Затем для каждого интервала подсчитывают в процентах к общему числу полей нарастающим итогом количество выемочных полей данного и предыдущего интервалов. По этим итогам строят графики, позволяющие оценить каждое шахтное поле или группу полей с точки зрения целесообразности применения той или иной технологии добычных работ.

Анализ нарушенности выемочных участков показал, что механизированная отработка пластов практически для всех угольных бассейнов страны возможна лишь в пределах блоков с коэффициентом дизъюнктивной нарушенности $K_1 < 250$ м/га. Рассмотрим кривые усредненного распределения выемочных участков по степени нарушенности, построенные для шахты "Тырганская" Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса (рис. 17). Выемочные участки, располагающиеся в пределах восточного крыла I синклинали (кривая 1), оцениваются показателем нарушенности $K_1 < 250$ м/га, которое ориентировочно можно считать граничным при решении вопроса о пригодности участка к отработке. На западном крыле синклинали (кривая 2) количество участков с нарушенностью меньше 250 м/га составляет лишь 60 % от общего количества выемочных участков.

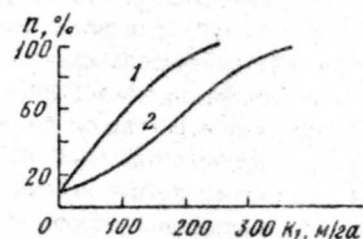


Рис. 17. Интегральные кривые распределения тектонически нарушенных участков на шахте "Тырганская"
1 и 2 — восточное и западное крыла I синклинали

С помощью изолиний показатель K_1 может быть изображен в виде топографической поверхности. Исходными элементами для построения топографической поверхности служат точки замеров плотности разрывных нарушений, полученные на плане горных работ с помощью сетки (палетки) с размером ячеек 1 га. В контуре площади объекта (пласта, горизонта, крыла, шахты) производится построение топографической поверх-

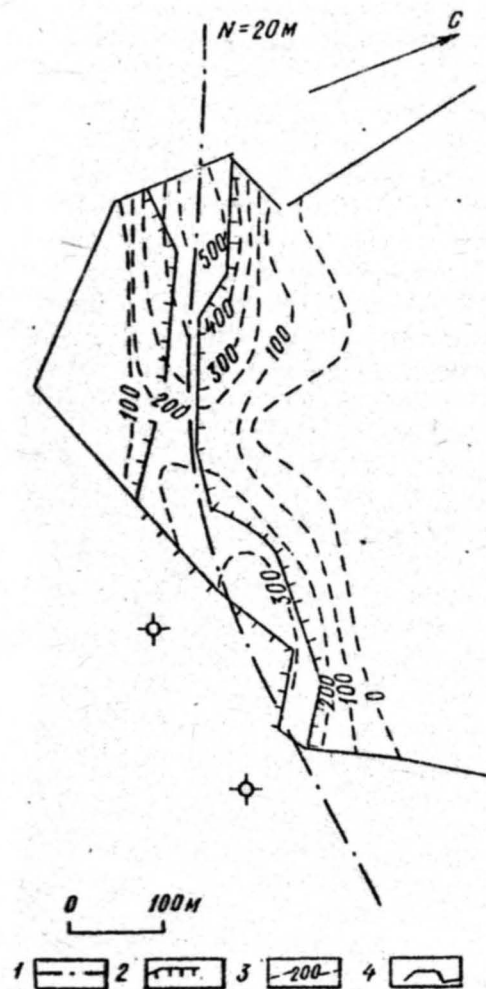


Рис. 18. Нарушенность участка угольного пласта K_{14} шахты "Актаской"
1 - разрывное нарушение; 2 - контур залегающих, списанных из-за нарушения; 3 - изолинии показателя нарушенности K_1 ; 4 - контур отработки

ности показателя нарушенности K_1 , который вычисляется для каждой ячейки. Его значение ставится в центре этой ячейки. На план (лучше это сделать на кальке) наносят основные элементы крупных разрывных и складчатых структур, элементы залегания пласта и значения K_1 для каждой ячейки. Затем проводят изолинии - непосредственное изображение степени нарушенности данной площади.

Построение планов топографической поверхности показателя дизъюнктивной нарушенности K_1 для детально изученных площадей шахтопласта позволяют выявить и наглядно изобразить основные закономерности в проявлении разрывов, которые могут быть использованы при оценке площадей, применяющих к изученному контуру. Эти планы позволяют установить характер поражения

пласта разрывами, четко и однозначно разграничить нарушенные и ненарушенные участки, выявить и количественно охарактеризовать связь зон развития мелких разрывов с элементами крупных складчатых и разрывных структур (рис. 18).

При выборе величины площади для подсчета показателя нарушенности следует учитывать, что чем больше эта площадь, тем меньше она изменяется от участка к участку, причем характер изменения степени нарушенности может выявиться неполностью. Подсчет по слишком малым по площади участкам недостаточно достоверен. По экспериментальным данным площадь участков подсчета должна быть соразмерной с основной рабочей единицей угольной шахты - выемочным полем. Так, например, для Прокопьевско-Киселевского месторождения, месторождений о. Сахалин и Грузии подсчет K_1 рекомендуется вести для участков с размерами не менее 200 м по простиранию и 80-100 м по падению, а для Карагандинского и Донецкого бассейнов соответственно 250 и 150 м. Для меньших по площади участков погрешность определения K_1 значительно увеличивается.

Для прогноза нарушенности на стадии подготовки шахтных и выемочных полей, а также в процессе эксплуатационной разведки предлагается использовать показатель нарушенности

$$K_2 = n/L,$$

где n - количество разрывных нарушений, встреченных проходимой выработкой; L - протяженность выработки, км.

Величины K_1 и K_2 связаны между собой следующими соотношениями:

а) если на участке нарушения имеют близкую ориентировку

$$K_1 = \frac{K_2'}{\sin \rho} = \frac{K_2''}{\cos \rho},$$

где K_2' и K_2'' - показатель K_2 , вычисленный для выработок, пройденных соответственно по простиранию и падению пласта; ρ - угол между полюсом пласта и направлением выработки;

б) если нарушения имеют разнообразную ориентировку

$$K_1 = (14-20) \bar{K}_2,$$

где $\bar{K}_2 = 0,5(K_2' + K_2'')$.

Анализ данных, собранных по 340 шахтопластам различных угольных бассейнов страны показал, что соотношение коэффициентов K_1 и K_2 довольно устойчиво: $K_1 = (14 \div 16)K_2$. Использование этого соотношения позволяет по известному значению K_2 перейти к коэффициенту K_1 , характеризующему развитие нарушенности по площади. Так, по выемочному участку 5 шахты 6/7 «Чурубай-Нуриной» (Караганда) определены показатели нарушенности

$$K_2' = \frac{10}{0,74} = 13,5 \text{ км}^{-1}; \quad K_2'' = \frac{7}{0,41} = 17 \text{ км}^{-1}; \quad \bar{K}_2 = 15,3.$$

Согласно уравнению связи показателей K_1 и K_2 для условий Карагандинского бассейна $K_1 = 15K_2 = 15 \cdot 15,3 = 230 \text{ м/га}$. Для сравнения: фактическое значение коэффициента K_1 (по плану горных работ пласта K_{14} после его отработки) на этом участке равно 260 м/га. Относительная ошибка расчетного определения коэффициента K_1 , таким образом, составила 12 %.

Среднеквадратическое отклонение фактических значений показателя K_1 от расчетных, определенное для условий Донбасса, Кузбасса, Караганды, Грузии и о.Сахалин, колеблется в пределах от ± 10 до ± 25 %, что говорит о достаточной точности определения K_1 расчетным способом и о возможности практического применения рекомендуемой методики.

3.2. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МАЛОАМПЛИТУДНОЙ НАРУШЕННОСТИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗОН

Изучение распределения малоамплитудных нарушений в тектонических зонах предусматривает, естественно, и их количественную характеристику, которая невозможна без точного установления границ и площади ТЗ. Как уже отмечалось (см. раздел 1.3), за границы зоны принимается контур области повышенной трещиноватости угля, развитой в боках разрывных нарушений, а площадь (в гектарах) может быть определена из уравнения

$$S_{ТЗ} = \alpha \sum_{i=1}^n |N_i|,$$

где α — коэффициент пропорциональности, который колеблется в широких пределах в зависимости от конкретных геолого-структурных условий, на шахте «Кок-Янгак» $\alpha = 0,1$ для пласта Тюлекского и $\alpha = 0,14$ для пласта Мощного; N_i — суммарная амплитуда слагающих ТЗ разрывов.

Среднее значение степени нарушенности угольных пластов в контуре тектонических зон гораздо выше, чем вне зон на всех остальных частях поля. Даже на сложных в тектоническом отношении выемочных участках, а также блоках, списанных по горно-техническим условиям, нарушенность не превышает 280–300 м/га. Средний уровень нарушенности в пределах тектонических зон для шахт «Кок-Янгак» и «Карагайлинской» близки по своему значению и составляют для пластов Тюлекский, Мощный и Сергеевский соответственно 400, 430 и 410 м/га.

Значения показателя K_1 , характеризующего тектоническую зону, резко меняются в зависимости от степени ее вскрытия. Для зон, оконтуренных горными выработками со всех сторон, уровень нарушенности для всех трех исследованных пластов равен 500–530 м/га.

Для тектонических зон, частично вскрытых подготовительными выработками (вентиляционным или конвейерным штреком, одной или двумя разрезными печами и т.д.), $K_1 = 250 \div 350 \text{ м/га}$. Эти же тектонические зоны, по данным разведочного бурения, имеют нарушенность около 180–220 м/га.

Такая существенная разница в значениях показателя K_1 зависит от уровня информации, получаемой на разных этапах изучения месторождения. Однако и средние значения показателя K_1 могут служить ориентиром при оценке нарушенности в контуре тектонических зон. Сопоставление нарушенности тектонических зон, определенной по данным детальной разведки, с уровнем нарушенности, установленным во время эксплуатации, показывает, что в первом случае нарушенность составляет примерно 30 %, если нарушенность по данным эксплуатации считать равной 100 %.

Подобный вывод можно распространить не только на тектонические зоны. Вероятно, уровень вскрытия нарушений разведочными скважинами остается близким к выявленному и для менее нарушенных участков. Наличие установленной зависимости может служить прогнозным признаком при выявлении участков угольных пластов, характеризующихся предельной нарушенностью.

Анализ степени нарушенности участков, списанных шахтой "Кок-Янгак" из-за сложных горно-геологических условий, показал, что выявленные на данной площади на разных стадиях разведки показатели резко различны. Например, степень нарушенности отдельных подсчетных блоков пласта Мощного на стадии доразведки и эксплуатации характеризуется следующими данными:

Блок	Доразведка	Эксплуатация
СТУ - 13 136	75/27	280/100
СТУ - 17 136	80/33	240/100
II	42/23	180/100

Примечание. В числителе - в метрах на гектар, в знаменателе - в процентах.

Таким образом, с помощью разведочных работ, проведенных в пределах подсчетных блоков, можно выявить уровень нарушенности в среднем в 3 раза меньший фактического. Если принять степень нарушенности, полученную по данным документации горных выработок, оконтуривающих участок, за 100 %, то нарушенность по данным доразведки составит всего 25-30 %. Такое соотношение фактических значений нарушенности участков, разведанных и подготовленных, выдерживается устойчиво. На шахте "Кок-Янгак" оно составляет в среднем 27 %.

Сопоставление числа разрывных нарушений, выявляемых на стадии разведки и при эксплуатации (см. табл.2), а также степени нарушенности участков угольных пластов, установленной на тех же стадиях, показывает, что в обоих случаях подтверждается данных доразведки составляет примерно 30 %.

Представительность материала, на основе которого сделаны выводы, позволяет распространить их на другие количественные характеристики, оценивающие уровень нарушенности выемочных и подсчетных блоков. В частности, использование "поправки на подтверждаемость" данных разведочного бурения позволяет установить предельные значения показателя нарушенности K_1 угольных пластов по данным доразведки. Если среднее по шахте предельное значение $K_1 = 250+280$ м/га, то, принимая его за 100 %, получим, что предельное значение показателя нарушенности по данным разведочного бурения составляет 80 м/га.

Следовательно, полученная по данным разведки интенсивность нарушенности, большая чем 80 м/га, свидетельствует о том, что разведкуемую площадь по условиям нарушенности отрабатывать нецелесообразно.

3.3. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ПРОТЯЖЕННОСТЬЮ И ЧИСЛОМ РАЗРЫВОВ

Одним из методов, позволяющих дать приблизительную оценку интенсивности проявления малоамплитудной нарушенности в пределах конкретной исследуемой площади на основании анализа развития крупных дизъюнктивов, выявляемых разведочными работами, является метод определения соотношения между протяженностью и числом разрывов.

Общеизвестно, что разрывные нарушения с большей амплитудой и протяженностью развиты значительно в меньшей степени, чем мало- и среднеамплитудные дизъюнктивы. М.В.Гзловский [3] на примере Байджансайского антиклинария показал, что среднее количество разрывов, приходящихся на 1 км² площади, в зависимости от их протяженности может быть оценено уравнением

$$\Delta \lg n = -\nu \Delta \lg L,$$

где $\Delta \lg n$ - изменение логарифма числа разрывов; $\Delta \lg L$ - изменение логарифма длины разрывов; ν - коэффициент пропорциональности.

Количественное соотношение, связывающее протяженность дизъюнктивов с их числом, имеет различное математическое

выражение для разных районов и даже для разных шахт одного месторождения.

В общем случае для одной точки зависимость между протяженностью и числом разрывов описывается уравнением вида

$$\lg n = -\nu \lg L + C, \quad (2)$$

где ν и C — коэффициенты пропорциональности, характерные для каждой конкретной площади.

Однако интервал должен оцениваться разностью крайних значений количества и протяженности разрывов. Допустим, что в точке 1 имеется $n_1 = 50$ разрывов протяженностью $L_1 = 100$ м, в точке 2 $n_2 = 10$, $L_2 = 200$ м. Таким образом, при изменении длины разрывов от точки 1 к точке 2 со 100 до 200 м ($\Delta 100$ м) число этих разрывов уменьшается с 50 до 10. Таким образом, интервалу $\Delta = 200 - 100$ отвечает $n = 50 - 10 = 40$.

Для каждого конкретного месторождения или шахтного поля коэффициенты уравнения (2) могут быть с достаточной для прогноза точностью подсчитаны по ограниченному (по сравнению с эксплуатационными) разведочным данным. Практически эта задача решается следующим образом.

По геологической карте или гипсометрическому плану подсчитывают количество разрывных нарушений, имеющих определенную протяженность. Учитывая, что в результате детальной разведки удовлетворительно прослеживаются дизъюнктивы с амплитудой более 10–30 м, данные о протяженности дизъюнктивов с меньшей амплитудой для

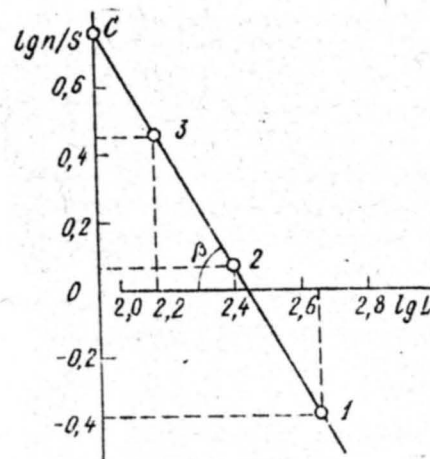


Рис. 19. График зависимости числа нарушений n/S от их протяженности L

Таблица 3

Подсчет количества разрывных нарушений

Интервал протяженности нарушений	$\bar{L}$, м	n	n/S	$\lg L$	$\lg n/S$
400–500	450	13	0,43	2,65	-0,37
300–400	350	35	1,17	2,4	0,07
100–200	150	86	2,87	2,17	0,46

подсчетов не используют. Для большей надежности интервалы выбираются достаточно большими, а количество интервалов можно ограничить тремя–четырьмя. По каждому интервалу подсчитывают среднюю протяженность дизъюнктивов $\bar{L}$ и среднее количество нарушений, отнесенное к единице площади, n/S . Пример такого подсчета, сделанного по одному из месторождений о.Сахалин, приведен в табл.3. Далее в координатах $\lg n/S - \lg L$ строят график распределения дизъюнктивов по их протяженности (рис.19). На график по данным первых двух строк табл.3 наносят точки 1 и 2 и через эти точки проводят прямую, соответствующую уравнению (2). По графику определяют $\nu = \lg \rho$, C — точку пересечения прямой с осью $\lg n/S$. В приведенном примере $\rho = 61^\circ$, $\nu = -1,71$, $C = 4,32$. С помощью графика может быть определено число нарушений любой заданной протяженности. В этом легко убедиться, построив для $\bar{L} = 150$ м на графике точку 3. Результаты прогноза числа нарушений для заданной протяженности 150 м: на площади разведываемого месторождения ожидается встретить более 80 таких разрывов (табл.3).

При группировке дизъюнктивов по их длине в классы, следует иметь в виду, что от величины выбранного интервала зависит величина коэффициента пропорциональности ν , а следовательно, и угол наклона прямой, выражающей зависимость L и n/S на графике. Для одного района месторождения о.Сахалин зависимость числа дизъюнктивов от их протяженности при интервалах группировки в классы через 100 и 200 м выражается соот-

ответственно следующими уравнениями:

$$\lg n = -1,6 \lg L + 4,3; \quad \lg n = -2,1 \lg L + 7,0.$$

Во втором случае большие значения коэффициентов объясняются явно завышенным интервалом группировки. Как показал анализ, в первую группу, включающую дизъюнктивы протяженностью от 0 до 200 м, попадает около 80 % всех выявленных на месторождении дизъюнктивов.

Для получения менее искаженных и более сравнимых между собой результатов при изучении разных площадей выбор интервала для объединения дизъюнктивов в классы должен основываться на учете стандартного распределения, по формуле

$$\Delta = (L_{\max} - L_{\min})/r,$$

где Δ — интервал группировки дизъюнктивов в классы по протяженности; r — число интервалов, $r = 1 + 3,3 \lg n$; n — общее число дизъюнктивов на оцениваемом участке; $L_{\max}$ и $L_{\min}$ — максимальная и минимальная протяженность разрывов, выявленных на исследуемом участке.

Коэффициенты ν и C можно определять в виде

$$\nu = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{\bar{x}}\bar{\bar{y}}}{\bar{x}^2 - \bar{\bar{x}}^2}; \quad C = \bar{y} - \nu \bar{x},$$

где $\bar{x}$ — логарифм середины интервала протяженности дизъюнктивов; $\bar{y}$ — логарифм количества разрывов в данном интервале на 1 км² [12].

3.4. СВЯЗЬ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТАМИ K_1 , ν И C

Коэффициенты K_1 и K_2 по физическому смыслу близки к C — свободному члену логарифмических уравнений зависимости между протяженностью и числом разрывов, так как и K_1 , и C в общем случае характеризуют интенсивность тектонической нарушенности исследуемой площади.

Таблица 4

Сравнение оценки нарушенности по уравнениям (1) и (2)

Шахта	K_1 по уравнению (1)	$\lg n$ по уравнению (2)
Макарьевская	207	$-1,9 \lg L + 5,4$
Тельновская	197	$-1,88 \lg L + 5,5$
Западная	200	$-1,7 \lg L + 5,3$
Бошняково	110	$-1,7 \lg L + 4,5$
Имени Ленина	100	$-1,2 \lg L + 3,5$
Имени Орджоникидзе	90	$-1,2 \lg L + 3,7$
Углегорская	74	$-1,33 \lg L + 3,9$

Как отмечалось, интенсивность нарушенности тем больше, чем больше значения коэффициентов K_1 и C . Эту закономерность подтверждает ряд приводимых примеров (табл. 4).

Наличие взаимосвязи между коэффициентами K_1 , ν и C в уравнениях (1) и (2) позволяет путем перехода от C к K_1 оценить интенсивность проявления малоамплитудной нарушенности площади по данным наличия на ней крупных дизъюнктивов с помощью уравнения связи

$$K_1 = \frac{0,01 e^{2,3C} (L_{\max}^{\nu+2} - L_{\min}^{\nu+2})}{\Delta(\nu+2)}, \quad (3)$$

где 0,01 — коэффициент пересчета площади, выраженной в квадратных километрах, в гектары; Δ — интервал группировки дизъюнктивов в классы по протяженности, м; $L_{\max}$ и $L_{\min}$ — максимальная и минимальная протяженность разрывов, выявленных на исследуемых участках, м; ν и C — параметры уравнения Гзовского (2).

Работами ВНИИ [12, 15], проведенными в различных угольных бассейнах, доказана возможность использования уравнения (3) для прогноза нарушенности значительных площадей шахтного поля,

шахтопласта. Анализ точности расчета показателя нарушенности K_1 по разведочным данным в сравнении с фактическими для тех же площадей (по результатам эксплуатации) подтвердил их достаточную сходимость.

Ниже приведен пример расчета показателя K_1 по шахте «Северная» (пласт Кемеровский) ПО «Кемеровуголь».

На рассматриваемом центральном участке шахтного поля площадью 75 га вскрыты два сброса со следующими характеристиками:

Сброс	I	II
Амплитуда, м		
нормальная	20	25
полная	40	50
Протяженность сместителя, м	2400	3000

Число интервалов $n = 1 + 3,3 \lg 2 = 2$; интервал группировки $\Delta = (3000 - 2400):2 = 300$ м; $v = 0$; $C = 0,12$. Таким образом,

$$K_1 = 0,01 \cdot 300^{-1} \left[\frac{3000^{0+2}}{0+2} - \frac{2400^{0+2}}{0+2} \right] e^{2,3 \cdot 0,12} = 71 \text{ м/га.}$$

Фактическое значение показателя нарушенности K_1 по данным отработки на этом участке равно 55 м/га. Таким образом, ошибка определения составляет 20 %.

Необходимо заметить, что определение протяженности разрывного нарушения должно основываться на структурно-геометрических особенностях строения его сместителя, размеры которого связаны определенной зависимостью с амплитудой смещения [15]. Так как амплитуду нарушения при разведке определяют точнее, чем его конечные размеры (протяженность), рекомендуется длину дизъюнктива вычислять по формуле

$$L_{\max} = 60N / \cos \alpha,$$

где α — угол между линией перемещения на сместителе и нормалью к пласту.

4. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ОТРАБОТКИ И СПИСАНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИ НАРУШЕННЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

4.1. ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕРЬ УГЛЯ ОТ СТЕПЕНИ НАРУШЕННОСТИ

Из практики эксплуатации угольных месторождений хорошо известно об отрицательном влиянии тектонической нарушенности на ведение горных работ и значительном объеме потерь угля на нарушенных участках.

Потери из-за тектонической нарушенности отмечаются на участках интенсивного ее проявления, например, вблизи сравнительно крупных дизъюнктивов, переход которых невозможен и требует нарезки новой лавы с оставлением целика угля около нарушения. Из общего количества теряемого в недрах угля по всем месторождениям Советского Союза около 30 % приходится на потери из-за тектонической нарушенности.

Известна и общая тенденция увеличения потерь по мере роста интенсивности тектонической нарушенности выемочных полей. Количественное выражение такой взаимосвязи, зависящее от множества геологических факторов, различно для месторождений и шахт, находящихся в разных структурных условиях. Соотношение потерь и нарушенности часто колеблется в пределах одного шахтного поля или выемочного блока. Так, установлено, что на участках комплексно-механизированной выемки потери угля из-за нарушенности значительно выше, чем на участках с буровзрывной отбойкой угля.

Количественная зависимость между величиной потерь угля и дизъюнктивной нарушенностью участков угольных пластов определяется с помощью показателя нарушенности K_1 участка и величины потерь угля, оставляемого в целиках у разрывных нарушений, а также на участках, примыкающих к дизъюнктивам, где отработка запасов невозможна или нерациональна.

Обычно величина потерь подсчитывается как произведение теряемой площади (определяемой по маркшейдерскому плану), фактической мощности пласта и объемной массы теряемого полезного ископаемого. Для простоты расчетов допускают, что на оцениваемом участке угольного пласта фактическая полная полезная мощность и объемная масса постоянны. Тогда потери угля по площади в процентах

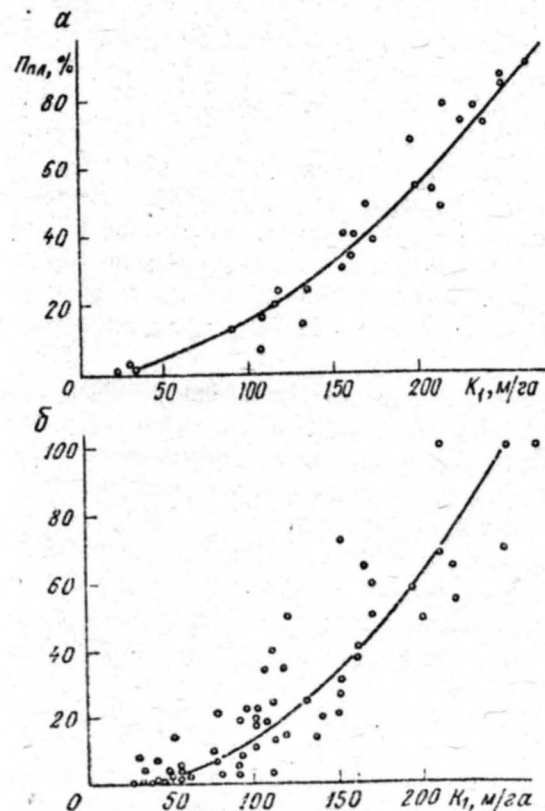


Рис.20. Зависимость уровня потерь угля $\Pi_{пл}$ на выемочном участке от степени нарушенности K_1 для пластов Мощного (а) и Тюлекского (б)

$$\Pi_{пл} = \frac{S_{тер}}{S_{общ}} 100,$$

где $S_{тер}$ — суммарная площадь запасов угля, оставаемых у нарушения на исследуемом участке; $S_{общ}$ — общая площадь исследуемого участка, включающая терруемую площадь.

Связь величины потерь и показателя нарушенности имеет разное количественное выражение для разных структурных условий. Так, например, для пластов Мощный и Тюлекский она описывается уравнениями соответственно (в процентах)

$$\Pi_{пл} = K_1^{1,85} / 328; \quad \Pi_{пл} = K_1^{2,12} / 1200,$$

для шахты в целом

$$\Pi_{пл} = K_1^2 / 730.$$

График зависимости показателей K_1 и $\Pi_{пл}$, построенный для пластов Мощного и Тюлекского на основе расчета групповых точек, представляющих собой усредненные значения $\Pi_{пл}$ для значений интервала K_1 , равного 10 м/га, приведен на рис.20. Расчеты по приведенным формулам показывают, что предельная нарушенность участков, при которой списывается 100 % запасов, составляет по пластам Тюлекскому и Мощному 250 и 275 м/га соответственно.

4.2. ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОГО УРОВНЯ НАРУШЕННОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Уровень нарушенности участка угольного пласта, при которой отработка запасов становится нецелесообразной, считается предельным для этих условий. Величина предельного уровня нарушенности на шахте обосновывается статистически и технико-экономическими расчетами.

Расчет показателя нарушенности ведется по погашенной части шахтного поля. Для выбранной к оценке площади подсчитывают степень нарушенности всех без исключения участков-лав, отработанных за время эксплуатации шахты, и блоков, запасы угля на которых списаны из-за сильной тектонической нарушенности. Участки группируются по степени нарушенности в классы с интервалом группировки не менее 50 м/га. На основе полученных данных строят график распределения участков по степени их нарушенности, причем одна кривая отражает суммарное распределение всех проанализированных участков (и списанных, и отработанных), другая показывает распределение по нарушенности только списанных участков. Рассмотрим определение предельного показателя нарушенности статистическим способом на примере шахты «Кок-Янгак».

Таблица 5

Количественное распределение всех (списанных и отработанных) участков по степени их нарушенности

K_1 , м/га	Пласт		
	Мошная	Тюлекский	5 + 6
0-50	11/27,0	34/41,5	45/38,0
51-100	7/17,0	10/12,2	17/13,0
101-150	2/5,0	8/9,7	10/8,5
151-200	8/19,0	15/18,3	23/18,5
201-250	1/3,5	6/7,3	7/8,0
251-300	2/5,0	3/3,8	5/4,0
301-350	5/12,0	2/2,4	6/5,0
351-400	-	3/3,8	3/2,5
401-450	-	1/1,2	1/1,0
451-500	4/10,0	-	3/2,5
501-550	1/2,5	-	1/1,0

Примечание. В числителе и знаменателе - соответственно количество участков и процентное соотношение участков в данном интервале значений K_1 к общему по пласту.

характер распределения списанных и отработанных участков, и кривую 2, отражающую распределение только списанных участков. По графикам в точках соприкосновения кривых 1 и 2 находят значения предельного показателя нарушенности.

Сходный характер распределения на пластах Мошном и Тюлекском подтверждается сходством кривых на графиках (рис.21, а и б). По мере увеличения степени нарушенности уменьшается число отработанных участков, растет число списываемых. При $K_1 = 250-300$ м/га кривые распределения 1 и 2 совпадают. Это свидетельствует о том, что при такой степени нарушенности все проанализированные участки списаны как нецелесообразные для отработки.

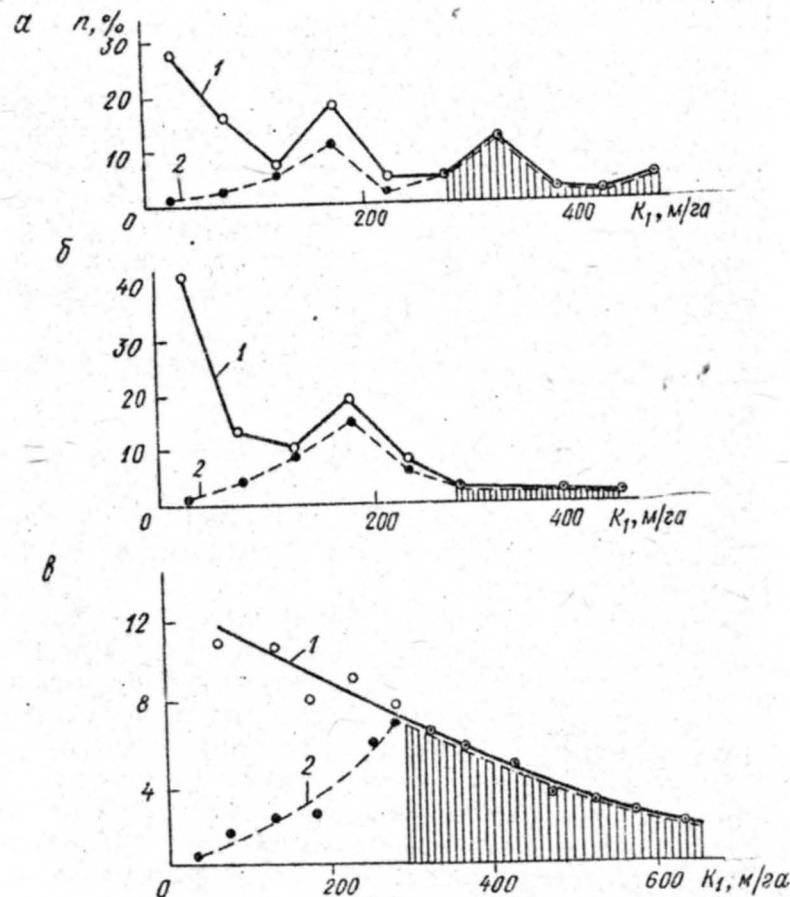


Рис.21. Распределение выемочных участков по степени нарушенности: а - пласт Мошная; б - пласт Тюлекский; в - группа шахт Прокопьевско-Киселевского месторождения (штриховка соответствует списанным участкам, т.е. участкам с предельными значениями K_1)

В табл.5 и 6 приведены данные, необходимые для расчета предельного показателя K_1 графическим способом. По данным таблиц на графике (рис.21) строят кривую 1, показывающую

Таблица 6

Количественное распределение списанных по степени
нарушенности участков

K_1 , м/га	Пласт		
	Тюлекский	Мощный	5+6
0-50	1/1,2	-	1/1,0
51-100	2/2,4	1/2,5	3/2,5
101-150	7/8,5	2/5,0	9/7,5
151-200	11/13,4	5/12,0	16/13,4
201-250	5/6,1	1/2,5	6/5,0
251-300	3/3,6	2/5,0	5/4,0
301-350	2/2,4	5/12,0	7/5,0
351-400	3/3,6	-	3/2,5
401-450	1/1,2	-	1/1,0
451-500	-	4/10,0	4/2,5
501-550	-	1/2,5	1/1,0

Примечание. См. примечание к табл. 5.

Поскольку в распределении по степени нарушенности участвовали все отработанные и списанные за все время эксплуатации шахты участки, полученные предельные значения показателя K_1 отражают многолетний опыт работы шахты в сложных горно-геологических условиях, согласно которому участки с нарушенностью выше предельной, в среднем составляющей 270 м/га, при существующей на шахте технологии не отрабатываются.

Для условий Прокопьевско-Киселевского месторождения предельное значение показателя $K_1 = 320$ м/га (рис. 21, в), что свидетельствует о близких значениях предельных показателей нарушенности для изученных районов.

Часть участков, списанных из-за сильной нарушенности, характеризуются показателем K_1 , меньшим предельного. Анализ таких участков на месторождениях Кузнецкого и Карагандинского бассей-

нов показал, что наряду с нарушенностью на объем потерь угля влияют амплитуда смещения и угловые соотношения в расположении пласта и сместителя.

В частности, установлено, что для списанных участков характерны следующие особенности:

1) отношение нормальной амплитуды N к мощности пласта m больше единицы;

2) двугранный угол W между плоскостями пласта и сместителя меньше 60° ;

3) угол встречи V пласта и сместителя в горизонтальной плоскости меньше 30° .

Для условий шахты «Кок-Янгак» среднее значение N/m по пластам Мощному и Тюлекскому для отработанных участков равно примерно 0,5, а для списанных участков $N/m > 3$. Двугранный угол W и угол встречи V сместителя разрыва с пластом для списанных и отработанных участков равны 50 и 30° соответственно.

Таким образом, статистически установлен предельный показатель нарушенности, свидетельствующий, что участки с показателем нарушенности, более предельного, на шахте не отрабатывались как нецелесообразные.

Несмотря на то, что выведенный статистически предельный показатель нарушенности K_1 отражает опыт эксплуатации месторождений, следует отметить, что для использования его в целях прогноза целесообразности отработки или списания нарушенных участков необходимы доказательства его достоверности на основе технико-экономических расчетов.

4.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗРЫВОВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ЦЕЛЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Многообразие разрывных нарушений как по форме, так и по условиям залегания и необходимость их диагностики и систематизации при решении практических вопросов горного дела требуют создания классификации разрывных нарушений, которая максимал-

но бы учитывала объективно установленные закономерности их строения.

Существующие классификации резко разделяются на две группы:

1) горно-геометрические, в основу которых положены геометрические признаки, включающие в том числе условное направление перемещения крыльев [15];

2) геологические, основным критерием которых является генетический признак — действительное направление перемещения крыльев [6].

Обе группы классификаций имеют существенные недостатки. Первые базируются только на форме нарушения, т.е. виде скрещения и знаке смещения, вторые, учитывая действительное перемещение крыльев разрыва, охватывают многообразия геометрической стороны нарушений.

Опыт анализа МРН явился основой для создания классификации, в основу которой положен принцип учета признаков разрывов, которые связаны с их природой и не зависят ни от производственной деятельности человека, ни от представлений о генезисе разрыва (его механизме и причинах образования) [3, 15]. Эта классификация разделяет тектонические разрывы на группы, характеризующиеся присущими только этим группам признаками, что должно способствовать более достоверному определению степени отрицательного влияния разрывов на разработку угольных пластов и принятию действенных мер по уменьшению этого влияния, а также выбору и обоснованию методов прогноза разрывов в очистных выработках.

Рассмотрим предлагаемую классификацию, предварительно пояснив некоторые определения и термины, характеризующие основные элементы дизъюнктива.

Сместитель — поверхность трещины, по которой происходит разрыв сплошности пород и последующее перемещение разъединенных блоков. Лежачее и висячее крылья — блоки пород, расположенных соответственно под и над сместителем. Линия скрещения — линия пересечения сместителя с пластом в висячем и ле-

жачем крыльях. Полная амплитуда — расстояние между двумя сопряженными точками (точками, которые до перемещения совпадали), измеренное в плоскости сместителя по направлению перемещения. Стратиграфическая (нормальная) амплитуда — величина относительного смещения крыльев в направлении, перпендикулярном напластованию пород.

4.3.1. Классификация разрывов по морфологическим признакам

Поскольку данная классификация должна способствовать выбору мер и средств по переходу нарушений и прогнозу возможного из влияния на безопасную разработку угольных пластов, в ней необходимо учитывать как признаки, характеризующие собственно разрыв, так и признаки, отражающие его соотношение с пластом, а именно [6, 15]:

- 1) направление относительного перемещения крыльев;
- 2) угол падения сместителя;
- 3) характер проявления сместителя;
- 4) угол между линией скрещения и простиранием пласта;
- 5) угол между направлениями падения пласта и сместителя;
- 6) двугранный угол;
- 7) знак смещения.

Направление относительного перемещения крыльев определяется в вертикальном сечении вкост простирания сместителя по положению пласта в крыльях. Условно принимается, что лежачее крыло неподвижно, а перемещается висячее крыло. Различают две группы разрывов: взбросы (пласт в висячем крыле расположен выше, чем в лежачем) и сбросы (пласт в висячем крыле расположен ниже, чем в лежачем). В отдельную группу следует выделить так называемые сдвиги, т.е. разрывы, у которых имеется только горизонтальное смещение, а вертикальная амплитуда близка к нулю.

Угол падения сместителя характеризует положение тектонического разрыва в пространстве относительно линии горизонта. По его величине различают разрывы с пологим и крутым залеганием сместителя. Взбросы с углом падения сместителя до 25° называют надвигами.

Характер проявления сместителя важно учитывать, так как сместитель, как правило, представляет собой ломаную или изогнутую поверхность или зону локальной перемитости и рассланцовки вмещающих пород, часто осложненную гипергенной минерализацией. На угольных месторождениях сместители могут быть представлены одиночной (раскрытой) трещиной с хорошо сглаженными стенками; трещиной, заполненной перетертым глинистым материалом различной мощности, или серией параллельных или пересекающихся трещин различной протяженности и выраженности. Иногда сместители могут совпадать с поверхностями даек и жил. Трещина-сместитель всегда имеет некоторую мощность, ограниченную плоскостями лежачего и висячего крыльев, поэтому ее часто называют зоной разрыва. Прямой зависимости между мощностью зоны и величиной перемещения крыльев разрыва не установлено.

Угол между линией скращения и простиранием пласта является важным классификационным признаком с точки зрения проектирования и ведения очистных работ, ибо в значительной мере определяет параметры системы разработки. Истинное значение угла определяется в плоскости пласта. На пластах горизонтального и субгоризонтального залегания вместо угла между направлением простирания пласта и линией скращения можно использовать угол между направлением движения очистного забоя и линией скращения. По этому признаку тектонические разрывы разделяют на три группы: продольные, диагональные и поперечные с градацией через 30° .

Угол между направлениями падения пласта и сместителя характеризует согласное или несогласное залегание плоскостей сместителя и пласта. В вертикальном сечении согласное залегание выражено наклоном плоскостей пласта и сместителя в одну сторону; несогласное залегание — наклоном плоскостей в разные стороны.

Двугранный угол W , т.е. угол между сместителем и пластом, измеряется в плоскости, перпендикулярной линии скращения в висячем крыле, от направления восстания смес-

тителя до плоскости пласта. По величине двугранного угла можно определить знак смещения:

W	$> 90^\circ$	$< 90^\circ$
Взброс	Перекрытие пласта	Зияние
Сброс	Зияние	Перекрытие пласта

Знак смещения характеризует наличие сдвоения (перекрытия) пласта или растягивание (зияние) пласта. Определение знака смещения производится в вертикальных сечениях по направлению, нормальному к плоскости пласта.

К основным классификационным признакам тектонических разрывов относятся признаки собственно разрыва:

1) направление относительного перемещения (взброс, сброс, сдвиг);

2) угол падения сместителя (пологий — $0-45^\circ$, крутой — $45-90^\circ$);

3) характер проявления сместителя (закрытая и открытая трещина, зона дробления).

Дополнительные классификационные признаки характеризуют угловые соотношения разрыва и пласта:

1) угол между линией простирания пласта и линией скращения (продольный — $0-30^\circ$, диагональный — $30-60^\circ$, поперечный — $60-90^\circ$);

2) соотношение между направлениями падения пласта и сместителя (согласное и несогласное залегание);

3) двугранный угол между пластом и сместителем ($0-30^\circ$ или $150-180^\circ$ и $30-150^\circ$).

Название и форму тектонического разрыва четко определяют по направлению относительного перемещения крыльев. Необходимо иметь в виду, что в зависимости от условий залегания на угольных месторождениях преобладают те или иные формы разрывов. В частности, на месторождениях с пологим залеганием пластов чаще встречаются формы разрывов, отвечающие крутопадающим сбросам. Взбросы преобладают на пластах с наклонным залеганием. Взбросовые формы с зиянием пласта и сбросовые с перекрытием встречаются почти исключительно на пластах крутого падения.

В особую группу следует выделить внутрислоевые и межслоевые разрывы, которые образуются, если перемещение крыльев происходит в направлении, параллельном плоскости напластования. Хотя такие разрывные смещения трудно выявлять, их нужно учитывать, так как они оказывают существенное влияние на ведение горных работ.

Наряду с тем, что основные и дополнительные признаки отражают морфологические свойства дизъюнктивов, они в значительной степени определяют технологию горных работ, т.е. ведение подготовительных и очистных выработок в зоне разрывного нарушения.

Влияние морфологических признаков разрыва на ведение горных работ многообразно. Так, направление относительного перемещения крыльев разрыва является исходным параметром для разработки схемы перехода нарушения горной выработкой. В зависимости от геологического строения шахтного поля и формы разрыва (взброс, сброс) меняют направление горной выработки, которая должна вскрыть смещенную часть пласта. Если забой горной выработки остановлен в поднятом крыле нарушения, то переход его осуществляется, как правило, с подрывкой пород кровли пласта. Если забой горной выработки находится в опущенном крыле разрыва, то необходима подрывка пород почвы пласта. Наличие взбросов приводит к большим потерям угля в подрабатываемой части пласта или к неожиданному обрушению кровли (рис.22).

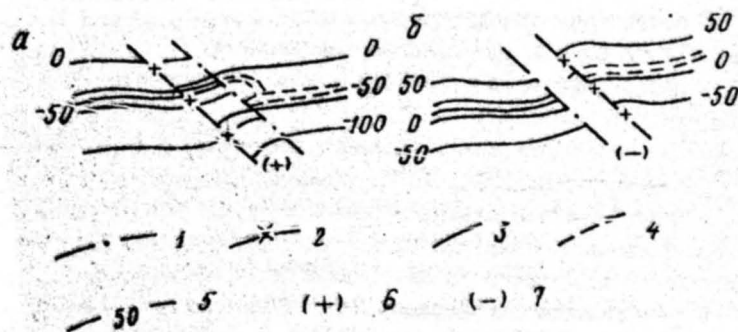


Рис.22. Переход разрывных нарушений горизонтальной выработкой:

а - взброс; б - сброс
1 и 2 - линии обреза висячего и лежащего крыльев соответственно;
3 и 4 - горная выработка, пройденная и проектируемая; 5 - изогипсы пласта; 6 и 7 - перекрытие и спание пласта

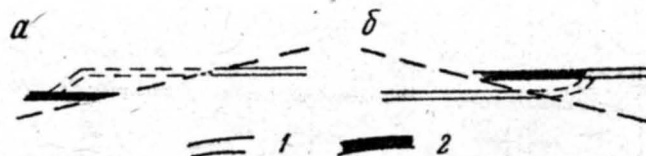


Рис.23. Переход разрывных нарушений при пологом падении сместителя: а - увеличение длины горной выработки, проходимой по породе при сбросе; б - рост потерь угля при взбросе
1 и 2 - соответственно отработанный и неотработанный угольные пласты

От угла падения сместителя зависит длина выработок, проходимых по породам. Так, пологопадающие сбросы обуславливают проведение квершлага или уклона значительной длины. При крутых сместителях длина выработки, проходимой по породе, существенно уменьшается (рис.23).

Характер проявления сместителя определяет условия поддержания горной выработки, ее обводненность и загазованность при переходе нарушения. Относительно благоприятны условия, когда сместитель представлен закрытой трещиной. При наличии серии трещин-сместителей устойчивость пород в зоне нарушения существенно снижается. Наименее благоприятны условия, если сместитель представлен мощной зоной дробления.

Угол между линией скрещения и простиранием пласта существенно влияет на технологию горных работ. Этот признак в значительной мере определяет рациональное расположение выемочных столбов и полноту извлечения угля, а также продолжительность отрицательного влияния разрыва на очистные работы. Наибольшие осложнения возникают при продольном положении сместителя разрыва по отношению к очистному фронту: лава работает неритмично или преждевременно выходит из строя, остаются невыработанные запасы (рис.24).

Величина двугранного угла между плоскостями пласта и сместителя определяет угол встречи и влияет на ширину зоны ослабленных пород и угля вблизи дизъюнктива. В частности, при остром двугранном угле ($30^\circ < W < 150^\circ$) смещение становится

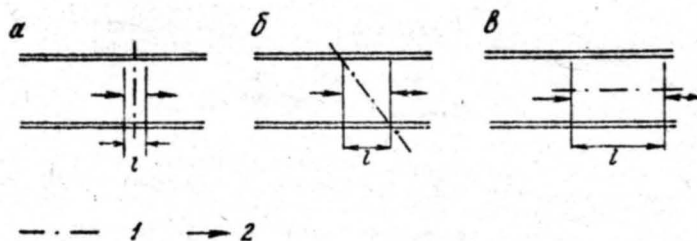


Рис. 24. Ширина зоны влияния l разрывного нарушения на работу очистного забоя при поперечном (а), диагональном (б) и продольном (в) положении сместителя
1 — разрывное нарушение; 2 — направление движения забоя

близким к послойному и площадь пласта, попадающая в зону нарушения, резко увеличивается. При перекрытии пласта увеличиваются запасы угля на участке и уменьшается объем горных выработок по породе при переходе через нарушение. При зиянии пласта запасы угля уменьшаются, а объем горных выработок, проходимых по породе, увеличивается.

Однако на технологию горных работ влияют не только морфологические признаки разрывов, но и их величина, которая выражается амплитудой смещения и протяженностью линии скрещения на плане горных работ.

4.3.2. Классификация разрывных нарушений по величине

Величина дизъюнктивы имеет большое значение для выбора способа вскрытия и системы разработки шахтного поля. Наиболее крупные разрывы являются границами шахтных полей и даже месторождений. Разрывы меньших размеров нередко принимают в качестве границ выемочных участков, с тем чтобы уменьшить их отрицательное влияние на разработку. От мелких и очень мелких разрывов, которые являются и самыми многочисленными, зависит выбор технических средств и способов отработки нарушенных угольных пластов.

Собранный за последние годы большой материал по разрывным нарушениям угольных пластов позволил в первом приближении

Таблица 7

Классификация разрывов по величине

Класс разрывов	Стратиграфическая амплитуда, м	Дополнительные параметры		Геолого-промышленное значение	Способы разведки
		Протяженность разрыва	Отношение стратиграфической амплитуды к мощности пласта		
Очень крупные	Более 1000	Более 100 км	Не учитывается	Границы месторождений районов, бассейнов	Космосъемка, геологическая съемка
Крупные	100-1000	10-100 км	То же	Границы месторождений шахтных полей	Геологическая съемка, буровая разведка
Средние	10-100	1-10 км	—	Границы шахтных полей, блоков, навалей	Детальная разведка
Мелкие	3-10	До 1000 м	Более 1	Непереходимые комплексом	Детальная разведка, горные выработки
			0,5-1	Переходимые при выполнении определенных технологических операций	
			До 0,5	Переходимые комплексом	
Очень мелкие	До 3	До 100 м	Более 1	Непереходимые комплексом	Подготовительные и очистные выработки
			0,5	Переходимые при выполнении определенных технологических операций	

представить структурно-геометрическую модель дизъюнктива и получить определенные соотношения между его основными параметрами [15]. Изучение полностью оконтуренных горными выработками дизъюнктивов показало, что если их основной элемент — сместитель — изобразить в изолиниях равных амплитуд, то изолиния нулевых смещений опишет замкнутую фигуру удлиненной формы, напоминающую эллипс и называемую эпурой сместителя [15]. Всякое разрывное нарушение, вскрываемое горными выработками на одном горизонте (пласте), является случайным сечением эпюры сместителя, определенным образом ориентированной в пространстве. В любом произвольном сечении амплитуда изменяется от нуля через максимум до нуля. Учитывая, что размеры сместителя разрывного нарушения — прежде всего функция его амплитуды, этот параметр и принимается за основу при разработке классификации разрывов по их величине (табл. 7). Конкретные значения амплитуд для каждого класса принимаются в натуральных единицах, за исключением класса очень мелких разрывов, когда учитывают соотношение их стратиграфической амплитуды с мощностью угольного пласта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение и прогнозирование малоамплитудных разрывных нарушений на угольных месторождениях представляет собой сложную научно-техническую проблему. Комплексное использование различных методов изучения разрывных структур с оценкой их эффективности на разных стадиях освоения месторождений позволило в целом улучшить прогноз тектонической нарушенности угольных пластов. Однако уровень решения этого вопроса при разведке все еще не соответствует современным требованиям угольной промышленности. Выявление истинной картины распределения малоамплитудной нарушенности в пределах шахтного поля только после проведения горно-подготовительных выработок оборачивается такими отрицательно влияющими на эффективность горных работ факторами, как высокая удельная проходка на I тыс. т добычи, большой объем росовых выработок, неритмичность очистных работ, низкий

коэффициент извлечения, ускоренная отработка запасов на действующем горизонте и отставание в строительстве новых горизонтов.

Как показывает анализ методик и рекомендаций по прогнозу и отработке тектонически нарушенных зон, они имеют высокую достоверность, но требуют в каждом конкретном случае уточнения разрешающей способности, области применения и технико-экономических расчетов. Как правило, отработка тектонически нарушенных участков угольных пластов сопровождается оставлением целиков у отдельных разрывов и списанием запасов в зонах интенсивного проявления тектонических нарушений, где отработка угля экономически нецелесообразна.

В этой связи даны критерии и рассмотрены конкретные примеры целесообразности отработки или списания нарушенных участков угольных пластов, позволяющие объективно оценить возможный уровень извлечения угля и более обоснованно подходить к определению объема промышленных запасов.

В свете требований, предъявляемых горно-добывающей промышленностью к геологическим прогнозам в связи с ее переходом на новые формы хозяйствования, изложенные выше рекомендации по уточнению расчета промышленных запасов на нарушенных площадях приобретают особую актуальность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов В.С., Шмелев В.В., Крючков И.А. Прогнозирование малоамплитудной нарушенности угольного пласта // Уголь Украины, 1984, № 8.
2. Бич Я.А., Егоров В.П. Исследование в натуральных условиях влияния трещиноватости угольного пласта на характер деформирования и несущую способность его краевой части // Труды ВНИМИ. Л., 1980. Вып. 80.
3. Гавровский М.В. Основные вопросы тектонофизики и тектоники Байджансайского антиклинория. М.: Недра, 1956.
4. Егоров В.В., Долгополова Т.И. Исследование крепости пород и угля у дизъюнктивных нарушений // Труды ВНИМИ. Л., 1980. Вып. 70.
5. Кабокин А.Н., Молодид Р.М. Прогноз малоамплитудных разрывных нарушений по данным, полученным на отработанных горизонтах шахтного поля // Изв. вузов. Геология и разведка. 1980, № 2.
6. Классификация тектонических разрывов угольных пластов по их морфологическим признакам и величинам // ВНИМИ. Л., 1981.
7. Ко Н.А. Критерии оценки сложности геологического строения шахтных полей Карагандинского бассейна // Тектоника угольных бассейнов и месторождения СССР. М.: Недра, 1976.
8. Любич Г.А., Мишин П.И. Методы изучения трещиноватости с целью оценки горно-геологических условий отработки угольных пластов: Учеб. пособие / Ленинградский горный ин-т. Л., 1988.
9. Любич Г.А., Мишин П.И., Панфилов А.Л. Распределение малоамплитудных нарушений в складчатой структуре на примере Шурабского угольного месторождения Средней Азии // Методика и техника шахтной геологии и геофизики: Сборник науч. трудов / ВНИМИ. Л., 1982.
10. Любич Г.А., Мишин П.И., Панфилов А.Л. Зональность распределения разрывных нарушений в складчатых структурах, формирующихся в условиях поперечного катба // Методы и аппаратура шахтной геологии и геофизики: Сборник науч. трудов / ВНИМИ. Л., 1983.
11. Нагорный Ю.Н., Бельгард А.А., Нагорный В.П. Прогноз степени нарушенности пластов малоамплитудными разрывами на глубоких горизонтах // Уголь Украины, 1984, № 4.

12. Никулин М.В., Панфилов А.Л. Прогноз тектонической нарушенности и связанных с ней потерь угля на шахтах Кузбасса // Геофизические и геологические исследования угольных пластов и вмещающих пород на шахтах и разрезах: Сборник науч. трудов / ВНИМИ. Л., 1981.

13. Отраслевая инструкция по учету балансовых и расчету промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля (сланца) при добыче / ВНИМИ. М., 1974.

14. Оценка степени дизъюнктивной нарушенности угольных пластов / В.Е. Григорьев, Г.А. Любич, З.Д. Пизагурецкий и др. // Труды ВНИМИ. Л., 1977. Вып. 106.

15. Разрывные нарушения угольных пластов (по материалам шахтной геологии) / И.С. Гарбер, В.В. Григорьев, Ю.Н. Дунав и др. Л.: Недра, 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Общие сведения о тектонических зонах	4
1.1. Понятие тектонической нарушенности	4
1.2. Типы и параметры тектонических зон	7
1.3. Взаимосвязь между параметрами тектонических зон	12
2. Достоверность выявления тектонических зон на разных стадиях освоения месторождений	16
2.1. Выявление нарушенности выемочных участков в зависимости от степени их вскрытия	16
2.2. Достоверность оценки нарушенности на стадии разведки	19
2.3. Оработка участков, приуроченных к тектоническим зонам	23
2.4. Изменение крепости угля в тектонических зонах	25
3. Количественная оценка и прогнозирование тектонической нарушенности угольных пластов	31
3.1. Количественные показатели интенсивности нарушенности	31
3.2. Количественная оценка малоамплитудной нарушенности тектонических зон	36
3.3. Соотношение между протяженностью и числом разрывов	39
3.4. Связь между коэффициентами K_d , ψ и C	42
4. Целесообразность стратки и списания тектонически нарушенных участков угольных пластов	45
4.1. Зависимость величины потерь угля от степени нарушенности	45
4.2. Оценка предельного уровня нарушенности угольных пластов	47
4.3. Классификация тектонических разрывов угольных пластов с целью совершенствования ведения горных работ	51
4.3.1. Классификация разрывов по морфологическим признакам	53
4.3.2. Классификация разрывных нарушений по величине	58
Заключение	60
Библиографический список	62

Св. план, 1990, поз. 63

Генрих Александрович Любич,
Николай Иванович Мишкин,
Алексей Львович Панфилов

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ИХ ОТРАБОТКЕ
Учебное пособие

Редактор Л.А.Левина
Технический редактор Р.И.Кравцова
Корректор И.В.Неверова

Сдано в набор 31.07.90. Подписано в печать 20.12.90.
Формат 60 x 84/16. Бум.тип. № 2. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 3,72. Усл.кр.-отт. 3,72. Уч.-изд.л. 3,55.
Тираж 500 экз. Изд. № 141. Заказ 588. Цена 25 коп.

Ленинградский горный институт им.Г.В.Плеханова
Ротапринт Ленинградского горного института
Адрес института и ротапринта: 199026 Ленинград, 21-я линия, 2